

**MÁRCIA LUZIA MICHELS**

**EXAMES MINERALOGRÁFICOS DE CABELO COMO  
INDICADORES DE POLUIÇÃO AMBIENTAL**

Dissertação submetida à Universidade Federal de Santa Catarina para obtenção do  
Grau de Mestre em Gestão Ambiental, no Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Produção, no Curso de Mestrado à Distância

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**

**ORIENTADOR: DR. SEBASTIÃO ROBERTO SOARES**

**FLORIANÓPOLIS, MAIO DE 2002**

**MÁRCIA LUZIA MICHELS**

**EXAMES MINERALOGRÁFICOS DE CABELO COMO  
INDICADORES DE POLUIÇÃO AMBIENTAL**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de **Mestre em Gestão Ambiental**, Especialidade em Engenharia de Produção e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.

Florianópolis, 29 de Maio de 2002



---

**Prof. Ph. D. Ricardo Miranda Barcia**  
**Coordenador do Curso**

**Banca Examinadora:**



---

**Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares**  
**Orientador**



---

**Prof. Dra. Maria Bertília Oss Giacomelli**



---

**Prof. Dra. Adriana de Medeiros**

## **DEDICATÓRIA**

**Dedico este trabalho aos meus filhos,  
João e Olívia.**

***Imagine  
o universo belo,  
justo e  
perfeito,***

***Então tenha certeza de uma coisa:***

***o***

***Ser o imaginou bastante melhor  
do que  
você.***

**Richard Bach**



## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer a todas as pessoas que me ajudaram de uma forma direta ou indiretamente para a realização deste trabalho, e em particular:

A UNISUL e a UFSC, que oportunizaram em parceria, o curso de Mestrado à distância.

Ao meu orientador o Professor Dr. Sebastião Roberto Soares, pelo incentivo, apoio, orientação .

As professoras Dra. Maria Bertília Oss Giacomelli, e Dra. Adriana de Medeiros por terem aceito fazerem parte da banca para defesa do trabalho.

A minha coorientadora Professora Dra. Marilene Klug, também pelo incentivo, orientação e amizade.

A Dra. Beatriz Mazza Mello, pela confiança, estímulo, amizade e informações que possibilitou o presente trabalho.

Ao Dr. José Paulo Figueredo, também pela confiança e informações para elaboração deste trabalho.

A Professora Dra. Maria Carminati Lima, pela ajuda, amizade e incentivo para o desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Msc. Ismael P. Bortoluzzi, pela grande ajuda com material didático e informações pelo seu conhecimento sobre meio ambiente.

Aos Professores:

Msc. Rossana F. Bianchini, Dr. Marcelo Hemkemeier, Dr. Jair Juarez João, pela colaboração, apoio e amizade.

Ao Professor José Tadeu Freitas Martins, pelas horas concedidas e suporte para realizar o curso de Mestrado.

Ao Professor Msc. Amilton B. de Bem pela assistência na área estatística.

Aos amigos, alunos bolsistas e estagiários do laboratório do CENTRO TECNOLÓGICO da UNISUL, pela amizade, e solidariedade, especialmente à:

Volnei Stüpp, Janaína, Sandro, Vicente, Samira, Tharcila, Tânia, Aline, e outros que possa estar esquecendo no momento.

Ao colega Alexandre Martins da Silva, pelo auxílio na área de Informática.

Aos meus pais Romualdo e Emília que sempre me ampararam nos momentos mais difíceis pelos quais passei.

À minha família, Jailson, João e Olívia, pela paciência e compreensão por tantas horas privados da minha presença, e pelo apoio e incentivo dado sempre em todos os desafios que preciso enfrentar.

E a Deus porque é Energia e sem Ele nada teria realizado.

## **RESUMO**

O trabalho estuda a possibilidade de utilizar exames mineralográficos de cabelo humano como fonte de informações sobre poluição ambiental. Realizou-se para tanto, um levantamento bibliográfico dos fatores de poluição mais significativas das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina e para ampliação de dados, algumas fontes poluidoras de outra região (Litoral Centro e arredores). Em paralelo foi abordado também os exames mineralográfico de cabelo e poluentes metálicos que comprometem a saúde e qualidade de vida do homem. Os metais estudados foram: alumínio, arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio. Foram estudados a forma de aparecimento, a absorção pelo organismo e os sintomas de intoxicação e o elemento cálcio devido haver ligação com o chumbo e outros metais. Os exames mineralográficos de cabelo de pessoas residentes nestas regiões, foram comparados com limites padrões de normalidade estabelecidos pelo Manual de Interpretação do Mineralograma. Os resultados mostram que tanto em homens quanto em mulheres, nas regiões estudadas e faixas etárias variando de 0 a mais de 70 anos, apresentam contaminação significativas com os metais estudados. Os dados possivelmente, evidenciam a contaminação ambiental pelos metais pesquisados, devido aos casos de contaminação em crianças. Portanto, face aos resultados apresentados, conclui-se que é viável o uso de exame mineralográfico de cabelo como forma de diagnosticar poluição ambiental, entretanto, deve-se fazer um estudo mais abrangente com pessoas de diferentes idades, incluindo crianças, e assim obter subsídios para que programas preventivos e de desintoxicação poderão ser elaborados por órgãos ambientais, entre outros.

## **ABSTRACT**

This is a paper on the study of the prospects in the use of read-outs from mineralographic tests on human hair for obtaining data on environmental pollution. In pursuit of such a possibility, a bibliographic survey of the major polluting agents in specific regions has been carried out. These regions comprise the south and deep south of the State of Santa Catarina, as well as the mid-coastline and its vicinity where some significant sources of pollution can be found. Other bibliographic survey concerns the mineralographic hair tests and the tests on metallic contaminants that are harmful for humans and living conditions as a whole. The metals as subjects of study include aluminum, arsenic, cadmium, lead and mercury. Investigations have been conducted as to find out how these elements arise, get absorbed by the human body, and what the poisoning symptoms are, and the rate of bodily calcium content which metals such as lead normally drain off. The hair mineralograms of the people belonging in those regions have been checked for the rate of contamination by the metals concerned, and then compared with the standards of normalcy as established by "A Manual for Interpretation of Mineralograms". These tests have shown that both men and women from those regions, regardless of their age group (up to 70 years or older), are noticeably contaminated by the metals in point. Children's metallic poisoning readily makes a statements of such an environmental pollution caused by the metals. As a result, the mineralographic hair tests have proved to be useful in assessing pollution in the environment in order to foster government's environmental protection programs emphasizing detoxication.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE TABELA .....</b>	<b>12</b>
<b>LISTA DE FIGURAS .....</b>	<b>14</b>
<b>LISTA DE SÍMBOLOS .....</b>	<b>15</b>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>18</b>
1.1.1 Objetivo Geral .....	18
1.1.2 Objetivos Específicos .....	18
<b>1.2 Hipótese .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Justificativa.....</b>	<b>19</b>
<b>1.4 Estrutura do Trabalho .....</b>	<b>20</b>
<b>2 ELEMENTOS BIBLIOGRÁFICOS .....</b>	<b>22</b>
<b>2.1 Poluição Ambiental .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2 Características da Região Sul e Extremo Sul Catarinense .....</b>	<b>26</b>
2.2.1 Considerações Gerais .....	26
2.2.2 Municípios que compõem as regiões .....	27
<b>2.3 Principais Fontes de Poluição das Regiões Sul, Extremo Sul do Litoral Centro dos Arredores de Santa Catarina .....</b>	<b>28</b>
2.3.1 Região Sul Catarinense .....	28
2.3.2. Região Extremo Sul Catarinense .....	29

2.3.3 Região Litoral Centro e Arredores .....	30
<b>2.4 Estudos das Fontes Poluidoras da Região Sul e Extremo Sul de Santa Catarina .....</b>	<b>31</b>
2.4.1 Poluição do Solo .....	31
2.4.2 Poluição Hídrica .....	37
2.4.3 Poluição Atmosférica.....	42
<b>2.5 Informações Referentes a Poluentes Metálicos .....</b>	<b>47</b>
2.5.1 Alumínio .....	47
2.5.1.1 Forma de aparecimento .....	47
2.5.1.2 Absorção pelo Organismo .....	48
2.5.1.3 Sintomas de intoxicação .....	49
2.5.2 Arsênio .....	50
2.5.2.1 Forma de aparecimento .....	50
2.5.2.2 Absorção pelo organismo.....	51
2.5.2.3 Sintomas de intoxicação .....	52
2.5.3 Cádmio.....	53
2.5.3.1 Forma de aparecimento .....	53
2.5.3.2 Absorção pelo organismo .....	54
2.5.3.3 Sintomas de intoxicação .....	55
2.5.4 Cálcio .....	56
2.5.5 Chumbo .....	57
2.5.5.1 Forma de aparecimento .....	57
2.5.5.2 Absorção pelo organismo .....	58
2.5.5.3 Sintomas de Intoxicação .....	59
2.5.6 Mercúrio .....	60
2.5.6.1 Forma de aparecimento .....	60
2.5.6.2 Absorção pelo organismo .....	61
2.5.6.3 Sintomas de intoxicação .....	62
<b>2.6 Exame Mineralográfico em Cabelo .....</b>	<b>63</b>
2.6.1 Histórico .....	63
2.6.2 Aplicação da análise em cabelo .....	64
2.6.3 Estrutura do Cabelo .....	69
2.6.4 Medicina ortomolecular .....	70

<b>3 METODOLOGIA .....</b>	<b>72</b>
<b>3.1 Levantamento dos fatores e fontes de poluição ambiental.....</b>	<b>72</b>
<b>3.2 Levantamento de fontes dos exames mineralográfico de cabelo .....</b>	<b>72</b>
<b>3.3 Definição dos elementos estudados .....</b>	<b>74</b>
<b>3.4 Tratamento dos dados .....</b>	<b>74</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>76</b>
<b>4.1 Região Sul Catarinense .....</b>	<b>78</b>
<b>4.2 Região Extremo Sul Catarinense .....</b>	<b>83</b>
<b>4.3 Região Litoral Centro e Arredores .....</b>	<b>87</b>
<b>4.4 Comparação dos resultados entre as regiões Sul, Extremo Sul, Litoral Centro e Proximidades de Santa Catarina .....</b>	<b>91</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>94</b>
<b>5.1 Sugestões Para Trabalhos Futuros .....</b>	<b>96</b>
<b>5.2 Comentários do orientador .....</b>	<b>96</b>
<b>6 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>97</b>
<b>6.1 Referência Bibliográfica .....</b>	<b>97</b>
<b>6.2 Bibliografia Consultada .....</b>	<b>101</b>

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Fontes poluidoras mais comuns e tipos de poluição encontradas nas regiões Sul e Extremo Sul Catarinense .....	29
Tabela 2: Número de estabelecimentos Industriais por região .....	30
Tabela 3: Resultados obtidos em amostras de sedimentos do Rio Tubarão ( $\mu\text{g/g}$ ) ..	34
Tabela 4: Resultados da análise química da água ( $\text{mg/L}$ ), solo e vegetação ( $\text{mg/kg}$ ) coletadas na Bacia do Rio D'Una .....	35
Tabela 5 – Composição química do lodo gerado na estação de tratamento do setor de esmalte.....	36
Tabela 6: Descarga de efluente de lavadores de carvão: padrões e situação real ....	40
Tabela 7: Concentrações ( $\text{mg/kg}$ ou %) de elementos menores nas cinzas da usina Jorge Lacerda II com projeção para IV. A Quarta coluna indica a concentração C uniforme .....	44
Tabela 8: Composição de elementos no ambiente .....	46
Tabela 9: Elementos traço e macronutrientes em cabelo humano em concentrações normais .....	68
Tabela 10: Valores de referência dos elementos em pessoas consideradas saudáveis .....	76
Tabela 11: Número de pessoas contaminadas pelos elementos estudados na amostragem da região Sul e Extremo Sul Catarinense.....	77
Tabela 12: Distribuição da população contaminada pelos elementos tóxicos pesquisados das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina .....	78



Tabela 13: Relação parâmetros/homens/mulheres contaminados da região Sul Catarinense.....	79
Tabela 14: Relação faixa etária/parâmetros/pessoas contaminadas da região Sul Catarinense.....	81
Tabela 15: Relação de pessoas contaminadas por chumbo com deficiência de cálcio/faixa etária da região Sul Catarinense .....	82
Tabela 16: Contaminação (%) segundo sexo : região Extremo Sul Catarinense .....	83
Tabela 17: Relação faixa etária/parâmetros/pessoas contaminadas da região Extremo Sul Catarinense .....	85
Tabela 18: Relação de pessoas contaminadas por chumbo com deficiência de cálcio/faixa etária da região Extremo Sul Catarinense .....	87
Tabela 19: Número de homens contaminados e percentuais por parâmetro da região Litoral Centro e proximidades de Santa Catarina.....	87
Tabela 20: Número de mulheres contaminadas e percentuais por parâmetro da região Litoral Centro e proximidades de Santa Catarina.....	88
Tabela 21: Relação faixa etária/parâmetros/pessoas contaminadas da região Litoral Centro e arredores .....	90

## **LISTA DE FIGURAS**

Figura 1: Mapa de Santa Catarina subdividido por região hidrográfica .....	28
Figura 2: Comparação de Homens contaminados por região .....	91
Figura 3: Comparação de Mulheres contaminados por região.....	92

## LISTA DE SÍMBOLOS

UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina

UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina

Ria – Radioimunoensaio

NAA – Análise por Ativação Neutrônica

µg/g – Micrograma por grama

EDTA – Etileno Diamino Tetra Acético

SDM – Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente

AMUREL – Associação dos municípios da Região de Laguna

AMREC – Associação dos Municípios da região Carbonífera

AMESC – Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense

pH – Potencial Hidrogeniônico

ICC – Indústria Carboquímica Catarinense

SO<sub>x</sub> – Óxidos de enxofre

B – Boro

NH<sub>3</sub> – Amônia

CO<sub>2</sub> – Gás carbônico

mg/L – miligrama por litro

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

CRM – Conselho Regional de Medicina

$\text{AsH}_3$  - Arsina

$\text{As}_2\text{O}_3$  – Anidrido arsenioso

$\text{HAs}(\text{CH}_3)_3$  – Ácido dimetilarsênio

$\text{As}(\text{CH}_3)_3$  – Trimetil arsênio

ADMA – Ácido Dimetilarsínico

ppm – Partes por milhão

$\text{m}^3$  – Metro cúbico

Zn-Pb – Zinco – Chumbo

Ni-Cd – Níquel – Cádmio]

$\mu\text{g Cd m}^{-3}$  – Micrograma de cádmio por metro cúbico

$\text{mg Kg}^{-1}$  – Miligrama por quilo

$(\text{CH}_3)_4\text{Pb}$  – Chumbo tetra etila

eHg – Mercúrio elementar

Hg(I) – Mercúrio valência 1

Hg(II) – Mercúrio valência 2

SH (grupo) – Tiol

IHg – Mercúrio inorgânico

R-Hg-X ou R-Hg-R' – Mercuriais orgânicos

AlHg – Mercúrio alquílico

Me Hg – Metilmercúrio

EtHg – Etilmercúrio

AloxHg – Alcoxialquimercúrio

ArHg – Arilmercúrio

phHg – Fenilmercúrio

## 1 INTRODUÇÃO

A contaminação do meio ambiente e das populações humanas, por metais pesados e outros elementos podem ocorrer sob a forma de efluentes líquidos, sólidos e gasosos, bem como durante a utilização, reciclagem e descarte dos produtos finais nos variados setores industriais. Segundo Miriam Meyer Passarelli, (1996) as crianças, os idosos e portadores de deficiência respiratória ou cardíaca, são os grupos da população que possuem o maior risco de contaminação.

Uma das fontes que tem despertado muito interesse nas investigações científicas é a presença de metais tóxicos no meio ambiente tendo em vista a expansão de determinados setores industriais.

Entretanto, há muita dificuldade de se medir poluição ambiental, visto que o homem está exposto a muitos agentes, e pela grande diferenças individuais de susceptibilidade à exposição aos mesmos.

A contaminação de pessoas por agentes industriais pode ocorrer não somente por exposição ocupacional, e sim em qualquer ambiente, seja externo ou interno.

Dentre os metais, alguns são cumulativos e podem se concentrar nas células de animais vivos ou plantas e para cada mínima exposição a eles, pode surgir um efeito adicional ao já existente no organismo. Por exemplo, uma simples exposição ao chumbo ou arsênio pode não ser um perigo imediato, mas uma porção do veneno pode ser armazenada no corpo da vítima. Exposições adicionais podem levar a uma acumulação de veneno a um nível perigoso e fatal (ELY, 1990).

A população residentes em áreas industrializadas sofre influência quanto aos impactos ambientais.

Segundo alguns autores, o cabelo é um “dosímetro biológico”, “filamento de registro” ou “espelho do ambiente” onde o indivíduo foi exposto. Isto porque se houver considerável exposição a determinado elemento químico, por contaminação externa ou através da ingestão, após um certo período a substância estará presente no cabelo (POZEBON, 1999 apud CHATT, et al, 1988; ARNOLD, ET AL, 1994; TORIBARA, et al, 1982).

Embora a análise de cabelo ainda seja pouco utilizada como forma de diagnosticar o grau de poluição ambiental, pretende-se com este estudo, avaliar a viabilidade de utilização deste tipo de análise, a fim de verificar o grau de contaminação do meio ambiente.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

O estudo visa avaliar o emprego de exames mineralográficos de cabelo, como fonte de informação a respeito de poluição ambiental.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- Estudar as fontes poluidoras mais significativas da região Sul e Extremo Sul Catarinense, afim de identificar quais os elementos, principalmente metais, que estão sendo lançados por estas fontes;
- Investigar os metais contaminantes de importância metabólica, escolhidos para o estudo, da região do Sul e Extremo Sul de Santa Catarina;
- Avaliar exames mineralográficos de cabelos a fim de verificar a correlação entre o estado ambiental das regiões estudadas e a análise do cabelo.

## 1.2 Hipóteses

- A presença dos elementos no cabelo indica a presença dos mesmos no organismo.
- A concentração de poluentes no organismo é oriunda do meio no qual o indivíduo está inserido.

## 1.3 Justificativa

A saúde das pessoas residentes em áreas industrializadas sofre influência de metais tóxicos que contaminam o ambiente.

Por esta razão, o estudo de elementos tóxicos associados às fontes poluidoras são de grande interesse para órgãos ambientais.

O exame mineralográfico em cabelo é uma técnica utilizada para avaliação da saúde humana, podendo ser empregada para verificar poluição ambiental, devido à capacidade do organismo em absorver elementos e se depositar nos cabelos.

Caroli (1998), empregou 95 indivíduos em um estudo envolvendo pessoas de região minerada, semelhante ao presente trabalho. Este pesquisador utilizou amostras de cabelo de indivíduos envolvidos em atividades de mineração de ouro, na Itália (Arezza, Valenza e Vicenza) para avaliar a contaminação pelos metais, prata, ouro, cádmio, cobalto, cromo, índio, níquel, chumbo, platina e mercúrio.

Neste sentido, o trabalho foi baseado nesta pesquisa, onde foi utilizado exames mineralográficos de cabelos de pessoas residentes em áreas onde sofrem degradação ambiental pela mineração de carvão, entre outras fontes poluidoras, das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina e outra região, onde fez-se um estudo para ampliação de dados (região Litoral Centro e arredores de Santa Catarina).

O estudo da utilização de análise de cabelo para detectar o grau de contaminação por metais pesados em seres humanos, tem importância na elucidação de exposição às condições ambientais com presença de elementos

diversos.

Com os resultados do estudo, programas de prevenção e nutricionais específicos poderão ser elaborados para restituir o balanço natural do organismo, realizados através de parcerias entre prefeituras, centros de saúde, órgãos ambientais, escolas, universidades, etc.

## **1.4 Estrutura do Trabalho**

Para a consecução dos objetivos propostos foi desenvolvido um procedimento aqui apresentado em 6 capítulos:

Após a introdução (capítulo I), buscou-se no capítulo II, informações bibliográficas referentes a agentes e fatores industriais, com a finalidade de destacar o problema de poluição ambiental e a relação com a saúde do homem.

Neste mesmo capítulo há informações das duas regiões escolhidas para o estudo, região Sul, Extremo Sul Catarinense, apresentando os principais agentes industriais e fontes poluidoras a fim de obter subsídios para identificar quais os elementos mais significativos que estão sendo lançados por estas fontes e também algumas informações da região Litoral Centro e proximidades. Ainda no mesmo capítulo contém informações sobre exames mineralográficos em cabelo, com o objetivo de mostrar como surgiram, e a possibilidade de utilização como indicador de poluição ambiental

Finalmente, o capítulo apresenta informações dos metais escolhidos através do estudo das fontes poluidoras, que representa importância metabólica ao homem e sua conseqüente qualidade de vida.

No capítulo terceiro é apresentado a metodologia utilizada na coleta e tratamento de dados, para relacionar exames mineralográficos em cabelo de pessoas residentes na região Sul e Extremo Sul Catarinense com as fontes poluidoras emissoras destas regiões e como forma de ampliação de dados, fez-se uma avaliação de exames mineralográfico de cabelo de outra região de Santa Catarina.

Os resultados e discussões estão descritos no capítulo IV , o qual registra



a viabilidade do objetivo geral do trabalho e comparação dos resultados dos exames mineralográfico de cabelos de homens e mulheres das regiões estudadas.

O capítulo cinco estão descritas as conclusões do trabalho, o qual efetiva os objetivos específicos propostos para o trabalho e sugestões para trabalhos futuros, bem como alguns comentários do orientador.

E por último apresenta-se as referências bibliográficas consultadas para elaboração do estudo.

## **2 ELEMENTOS BIBLIOGRÁFICOS**

Este capítulo aborda questões referentes a poluição ambiental no âmbito conceitual, histórico e fontes. Consta ainda as características da região Sul e Extremo Sul de Santa Catarina. No mesmo capítulo, há descrição das principais fontes de poluição das regiões Sul, Extremo Sul e Litoral Centro e arredores de Santa Catarina. Segue um estudo das fontes poluidoras das regiões Sul e extremo Sul de Santa Catarina, mais detalhado, onde descreve a poluição do solo, hídrico e atmosférico. Contém também informações referentes à poluentes metálicos, como o alumínio, arsênio, chumbo e mercúrio e o cálcio, sendo um elemento essencial com forte correlação com o chumbo e outros metais. O capítulo também contempla informações sobre exames mineralográficos em cabelo.

### **2.1 Poluição Ambiental**

O desenvolvimento industrial e populacional, são os fatores predominantes que comprometem a qualidade do ambiente em que vivemos.

As áreas industriais de maior contribuição de agentes poluentes, de um modo geral, são as de produção cerâmica de revestimentos, as de combustão de carvão, galvanização, fecularias, tinturarias, postos de abastecimentos, indústria química, papel e celulose e muitas outras.

Na procura das causas da poluição, deparamos com dois fatores básicos. Um deles está arraigado na tendência do homem à mecanização. Todo processo de industrialização constitui-se num dos componentes principais da poluição ambiental.

Nestes processos formam-se quantidades apreciáveis de resíduos inúteis e muitos bastantes tóxicos, que comprometem o ambiente. A segunda causa do comprometimento do meio ambiente reside no contínuo aumento da população, que força uma crescente produção de alimentos, levando a uma maior produção de fertilizantes, necessidade do emprego de meios químicos de produção, etc. Apesar da dependência existente entre industrialização, produção de alimentos e poluição, e o aumento da população, o comprometimento do meio ambiente por substâncias tóxicas não constitui nenhum problema recente. Desde os primórdios da história formam-se pela ação do homem, produtos de despejos e resíduos vários que, levados aos rios ou ao ar atmosférico, mostraram-se tóxicos, ou pelo menos incômodos (FELLENBERG, 1980).

Por este motivo, a poluição é uma preocupação crescente para os órgãos ambientais, bem como para a saúde pública.

Muito embora a democratização da discussão sobre as questões ambientais tenha sido um dos principais fatores para um maior conhecimento dos processos de degradação da nossa qualidade de vida e para o aprimoramento de uma legislação pertinente, os problemas de poluição ambiental ainda são cercados de muita desinformação (ou contra-informação), o que muitas vezes dificulta a escolha da melhor opção preventiva ou mesmo paliativa para o problema (JARDIM, 2001).

Não há níveis de segurança para os poluentes, isto é, até mesmo quando dentro dos limites de tolerância, a poluição pode causar aumentos da morbidade e mortalidade da população a ela exposta. Uma exposição prolongada por meses ou anos, de metais tóxicos, mesmo em níveis relativamente baixos de concentração, pode provocar muitas doenças mesmo em pessoas saudáveis (AMBIENTE, 1999).

Muito se fala em contaminação por elementos-traço e metais pesados no ambiente.

Lopes (1998), define elementos-traço como sendo aqueles que usualmente ocorrem em baixas concentrações nas rochas, solos, água, atmosfera e biota, sendo que alguns são tóxicos ao ser humano mesmo a baixas concentrações, como o chumbo, cádmio, mercúrio e arsênio. Incluídos nesse conjunto, estão os elementos metálicos de peso elevado, do que derivou, provavelmente, a

determinação de metais pesados, comumente utilizada na literatura.

Para o mesmo autor, “ Metais pesados” é um termo coletivo geral, que se aplica ao grupo de metais e metalóides com uma densidade maior que  $6 \text{ gcm}^{-3}$ . Embora seja somente um termo definido imprecisamente, é amplamente reconhecido, e geralmente aplicado para elementos como, o cádmio, cromo, cobre, mercúrio, níquel, chumbo e zinco, os quais são comumente associados com poluição e problemas de toxidade.

Mesmo que os metais pesados sejam onipresentes na maioria dos materiais naturais, as seguintes são fontes significativas de metais para o meio ambiente:

- Minerais metálicos:
- Materiais agrícolas – agricultura constitui uma das fontes indiretamente mais importantes de metais poluentes. As fontes principais são:
- Impurezas em fertilizantes: cádmio, cromo, molibdênio, chumbo, urânio, vanádio, zinco;
- Pesticidas: cobre, arsênio, mercúrio, chumbo, manganês, zinco;
- Dessecantes: arsênio para algodão;
- Preservativos para madeira: arsênio, cobre;
- Resíduos da produção intensiva de suínos e frangos: cobre, arsênio;
- Compostos e adubos: cádmio, cobre, níquel, chumbo, zinco, arsênio;
- Lodo de esgoto: especialmente cádmio, níquel, cobre, zinco;

Corrosão de objetos de metal (por exemplo, telhados galvanizados e cercas de arame); zinco, cádmio.

LIMA (2001) descreve que a toxidade do metal pode provocar efeitos letais ou subletais, sendo o mais característico o retardamento no crescimento. Existe cerca de 20 metais considerados tóxicos para o homem, incluindo alumínio, mercúrio, cádmio, chumbo, arsênio, manganês, tálio, cromo, níquel, selênio, telúrio, antimônio, berílio, cobalto, molibdênio, estanho, tungstênio e vanádio. Destes, os 10 primeiros são de maior utilização industrial e por isso mesmo são os mais estudados sob o ponto de vista toxicológico. Tais elementos reagem com ligantes difusores, com macromolécuals e com ligantes presentes em membranas, o que muitas vezes, lhes confere as propriedades de bioacumulação, biomagnificação na cadeia

alimentar, persistência no ambiente e distúrbios nos processos metabólicos dos seres vivos. As bioacumulações e biomagnificações se encarregam de transformar concentrações consideradas normais em concentrações tóxicas para diferentes espécies da biota e para o homem. A persistência garante os efeitos ao longo do tempo, mesmo depois de interrompidas as emissões. Os 5 primeiros metais são altamente tóxicos e se acumulam no organismo humano a longo prazo. O homem ingere estes metais através de sua dieta, e exposição a eles, e por isso mesmo que se deve controlar o conteúdo dos diferentes metais nos alimentos, na água e a exposição ao ambiente.

Conforme descreve SANTOS (1992), os metais são incorporados ao meio a partir de fontes naturais, provenientes de uma ação não intencional do homem, como aquelas resultantes do intemperismo mecânico e químico que age sobre as rochas e cujo produto final é carregado pelos rios, do suprimento do fundo do mar, transporte pela atmosfera e suprimento costeiro proveniente da ação das ondas.

As descargas oriundas das atividades humanas e principalmente industriais são a maior fonte de acréscimos de metais, com a mineração, fundição e refino desempenhando os principais papéis na dispersão acentuada através do meio ambiente. A contaminação por elementos-traço alcança atualmente dimensões mundiais, sendo observada tanto em países desenvolvidos como naqueles em desenvolvimento devido à expansão industrial.

Comparando as taxas tóxicas de elemento-traço com as concentrações naturais destes nas rochas, solos e sedimentos, FORSTNER (1983) apud SANTOS, (1992), afirma que haverá um enriquecimento devido à ação antropogênica, para chumbo, mercúrio, cádmio cobre e zinco.

Os sistemas aquáticos – principalmente os lagunares – caracterizados como sistemas altamente produtivos, mas extremamente susceptíveis à agressão de poluentes químicos, sofrem sérios riscos de contaminação por elementos-traço devido ao caráter cumulativo e a sua capacidade de translocação através da cadeia trófica.

A toxicidade dos metais é uma questão de dose ou de tempo de exposição, da forma física e química do elemento e da via administração/absorção (LIMA 2001).

## **2.2 Características da Região Sul e Extremo Sul Catarinense**

As características das regiões em estudo, abordam algumas informações quanto aos aspectos gerais e municípios que fazem parte das regiões.

### **2.2.1 . Considerações Gerais**

O estado de Santa Catarina, pela diversidade e riquezas de seu patrimônio natural, pela forma de ocupação territorial, e outras particularidades, foi ao longo dos anos formando explorações sócio-econômico em seu território.

O estado catarinense vem se destacando em âmbito nacional no que se refere a produção agropecuária e principalmente industrial e particularmente na exploração do turismo e no desenvolvimento tecnológico.

Apesar do relativo bom desempenho sócio-econômico, Santa Catarina deixa muito a desejar no que diz respeito à preservação e recuperação de seus recursos naturais, bem como no que se refere ao nível de consciência ecológica como um todo.

As ações voltadas à preservação da água, do solo, do ar, da fauna são ainda muito tímidas e insuficientes frente a intensidade e a velocidade da degradação.

Para o estudo escolheu-se estudar as regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina. Estas regiões estão divididas por regiões hidrográficas, definidas pela Secretaria do Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente – SDM.

A região Sul Catarinense está caracterizada pela Bacia Hidrográfica do Rio Tubarão e do Rio D' Una, possuindo uma área de 5.991 km<sup>2</sup>.

A região Extremo Sul Catarinense está caracterizada pela Bacia Hidrográfica do Rio Araranguá, do Rio Urussanga e do Rio Mampituba, com uma área de 4.840 km<sup>2</sup>.

## 2.2.2 Municípios que compõem as regiões

### **Associações de Municípios que integram as regiões:**

#### **Sul Catarinense:**

Associação dos Municípios da Região de Laguna – **AMUREL**

#### **Extremo Sul Catarinense:**

Associação dos Municípios da Região Carbonífera – **AMREC**

Associação dos Municípios do Extremo Sul Catarinense – **AMESC**

A criação das associações de Municípios que integram as regiões levou em consideração o fato das vantagens de tornar mais prático o processo de gestão e gerenciamento dos recursos hídricos do estado, valendo-se da experiência destas entidades e do espírito de associativismo intermunicipal existente na região.

Ao se estabelecer estas regiões, um dos critérios adotados foi a existência de um certo nível de identificação das áreas de abrangência das regiões hidrográficas com as das associações de municípios.

As cidades estudadas situadas na **região Sul de Santa Catarina** são:

Tubarão, Lauro Müller, Orleans, Braço do Norte, Imbituba, São Ludgero e Capivari de Baixo.

As cidades situadas na **região Extremo Sul de Santa Catarina** são:

Sombrio, Araranguá, Meleiro, Forquilha, Içara, Criciúma, Morro da Fumaça, Siderópolis, Urussanga, Jacinto Machado e Maracajá.



**Figura 1: Mapa de Santa Catarina subdividido por região hidrográfica**

**Legenda: Área destacada 9: Região Sul Catarinense**

**Área destacada 10: Região Extremo Sul Catarinense**

### **2.3 Principais Fontes de Poluição das Regiões Sul, Extremo Sul, e Litoral Centro e Arredores de Santa Catarina**

Este item apresenta os tipos de fontes de poluição das regiões em estudo das quais contribuem para o comprometimento ambiental.

#### **2.3.1 Região Sul Catarinense**

A região está sendo afetada pelos efluentes e resíduos gerados de mineradoras, beneficiadoras de carvão, fecularias, vinícolas, olarias, curtumes, cerâmicas, indústrias alimentícias e de pescado, terméletrica, extração de fluorita, indústria química, fábrica de adubos, mecânica metalúrgica, agricultura (agrotóxicos usados nas culturas de fumo, feijão, milho, arroz, mandioca, batata, em pastagens, entre outras), além de esgotos domésticos ( os municípios abrangidos pela bacia do Rio Tubarão, e Sistema Lagunar não possuem coletoras e sistema de tratamento de esgotos sanitários) (SANTA CATARINA, 1997).

Além disso a utilização do carvão como combustível, produz rejeitos (cinzas) com altos índices de poluentes.



2.3.2 Região Extremo Sul Catarinense

Juntamente com a região Sul Catarinense, esta região apresenta-se com alto índice de comprometimento ambiental por esgotos urbanos e industriais e, principalmente por resíduos da extração de carvão, e pelo uso de agrotóxicos. Além disso, cerca de 500 pequenas e médias unidades nas regiões Sul e Extremo Sul concentram suas atividades na produção de farinha de mandioca e fécula, no período de abril a junho.

Devido as fontes de poluição citadas, esta região possui sérios problemas ambientais, principalmente por rejeitos da extração de carvão.

Todas as fontes citadas comprometem a qualidade da atmosfera, das águas e do solo. Como consequência, atingem os organismos vivos (SANTA CATARINA, 1997).

Na tabela 1, estão reunidas as fontes poluidoras mais comuns e, na tabela 2, o número de estabelecimentos industriais nas regiões propostas para o estudo.

**Tabela 1: Fontes poluidoras mais comuns e os tipos de poluição encontradas nas regiões Sul e Extremo Sul Catarinense**

Regiões		Fontes poluidoras	Tipos de poluição
Sul Catarinense		Mineração	Resíduos de extração de carvão
		Urbano – industrial	Efluentes orgânicos e tóxicos
		Engenho de mandioca	Agrotóxicos e assoreamento de rios
		Atividades de lavoura	Coliformes fecais de despejos
		Atividades pecuária	suínos
Extremo Sul Catarinense		Mineração	Resíduos de extração de carvão
		Atividade de lavoura	Agrotóxicos e assoreamento de rios
		Urbano industrial	Efluentes orgânicos e tóxicos
		Engenhos de mandioca	Efluentes tóxicos

Fonte: Secretaria do Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Santa Catarina 1997.

**Tabela 2: Número de estabelecimentos Industriais por região**

<b>Estabelecimentos</b>	<b>Região Sul Catarinense</b>	<b>Região Extremo Sul Catarinense</b>
Construção civil	152	202
Extrativa mineral	34	53
Indústria da madeira e do mobiliário	172	220
Indústria da borracha, fumo, couros, peles	28	42
Indústria de produtos alimentícios, bebidas e álcool etílico	84	146
Indústria de produtos minerais não metálicos	84	177
Indústria de papel, papelão, editoração e gráfica	26	39
Indústria material elétrico e de comunicação	5	16
Indústria química de produtos farmacêutico, veterinária, perfumes e sabão	27	48
Indústria têxtil do vestuário e artefatos de tecidos	187	345
Indústria de calçadas	18	72
Indústria de material de transporte	11	14
Indústria mecânica	30	57
Indústria metalúrgica	43	61

Fonte: Secretaria do Estado de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente de Santa Catarina 1997.

### 2.3.3 Região Litoral Centro e proximidades

Esta região, é caracterizada por um número muito expressivo de indústria têxtil e indústria metalúrgica. Os principais centros urbanos, abrangendo as cidades citadas concentram grande parte do complexo urbano-industrial desta região. Desta forma, além do contingente populacional esta região recebe uma carga poluidora industrial considerável, proveniente de indústria têxteis, pesqueiras, metalmecânica,



de papel, pasta mecânica, frigoríficos, curtumes, fecularias e extração de óleo vegetal.

O efeito cumulativo de grande parte das substâncias lançadas pelas fontes poluidoras (metais pesados, por exemplo) vem trazendo graves conseqüências para a região. Cabe a indústria têxtil, em grande parte, a responsabilidade pela poluição citada, já que lança nas águas da bacia uma grande carga de corantes tensoativos, de metais, de sais, etc. (SANTA CATARINA, 1997).

## **2.4 Estudo das Fontes Poluidoras da Região do Sul e Extremo Sul de Santa Catarina**

A qualidade do meio Ambiente se reflete diretamente na qualidade de vida do homem: sua saúde e bem estar. Mesmo assim, o próprio homem degrada a natureza, com a destruição de espécies animais e vegetais, provocando a poluição do solo, hídrica e atmosférica .

### **2.4.1 Poluição do Solo**

A poluição do solo é em geral, proveniente de indústrias geradoras de resíduos sólidos. Muitos resíduos acumulam no meio ambiente, sem que sofram degradação, poluindo solos e conseqüente contaminação de plantações e por infiltrações, também os lençóis freáticos. Além dos resíduos provenientes das indústrias, o lixo urbano também é um grande causador da poluição do solo.

No Extremo Sul de Santa Catarina, são os depósitos de rejeitos provenientes do beneficiamento do carvão mineral, e na região Sul são os rejeitos provenientes de usina terméletrica. Há na região grandes áreas improdutivas devido à disposição destes resíduos.

O carvão possui associado elementos-traço que são tóxicos em concentrações da ordem de mg/kg. Análises realizadas em diversos carvões do sul-catarinense constataam, entre outros, a presença de cromo, cobalto, cobre, mercúrio,

arsênio, chumbo, manganês, níquel, cádmio, zinco, berílio e alumínio com concentrações variando de lugar para lugar, mesmo dentro de uma mesma jazida (SANTOS, 1992).

Mesmo havendo divergências entre vários autores, sobre elementos reconhecidos como traços, ORSINI (1980) apud SANTOS, (1992), utilizando o grau de toxicidade, classifica-os na seguinte ordem: Chumbo, cádmio, cobre, níquel, zinco, cobalto, arsênio, selênio e mercúrio considerados de alta toxicidade ; Berílio, estanho, bismuto, e antimônio, de média toxicidade. Dentre esses elementos, o carvão e sedimentos associados contém significativas concentrações de arsênio, boro, cádmio, chumbo, mercúrio, molibdênio, e selênio, considerados pela classificação acima como de alta toxicidade.

As atividades de beneficiamento de moinha para produção de coque, curtume e cerâmicas, tem grande contribuição na contaminação do solo de ambas as regiões.

Um dos problemas ambientais gerados pela mineração estão relacionados ao processo como tal. A destruição da estratigrafia geológica provocados pela mineração a céu aberto, é inevitável, e outros distúrbios variam em tipologia e intensidade:

a) Rejeitos gerados na mineração a céu aberto.

Na mineração a céu aberto são manuseados três tipos de material, solo vegetal, o subsolo e o leito do carvão. O subsolo original entre o solo de cobertura e o leito de carvão, embora em menor grau que os rejeitos da fase de beneficiamento, possui considerável potencial em termos de produção de acidez.

O decréscimo do pH da água em contato com o rejeito para valores abaixo de 4 indica condições favoráveis à solubilização de metais e outros materiais sólidos que facilitam a lixiviação e, conseqüentemente incrementam os problemas ambientais a ela associados.

b) Rejeitos gerados no beneficiamento.

Os rejeitos oriundos do beneficiamento de carvão constituem uma das maiores fontes de problemas ambientais relacionados com o carvão.

A maior parte do rejeito do processo de beneficiamento do carvão,

consiste de materiais carbonosos misturados com pirita, argilas, arenitos e xistos. Estes materiais quando expostos ao oxigênio e a umidade geram condições ótimas para a oxidação da pirita, acarretando a formação de águas ácidas, com elevadas concentrações de elementos tóxicos dissolvidos, tais como: ferro, alumínio, manganês, zinco, arsênio, cobre, cádmio, selênio, mercúrio, bário, chumbo, berílio, níquel, titânio, sódio, etc.(SANTA CATARINA, 1998).

Na queima do carvão há produção das cinzas, ocorrendo a lixiviação das mesmas e a absorção seletiva de elementos como cádmio, arsênio, cromo, cobre, níquel, selênio e mercúrio concentrando teores altamente tóxicos nos solos, que pode reduzir sensivelmente a produtividade de certas culturas bem como ocasionar intoxicação de animais e homens pela ingestão de plantas contaminadas (SANTOS, 1992).

GIACOMELLI, et al (2000), em estudo determinaram principalmente o teor de metais pesados em sedimento, coletado na região de abrangência do Rio Tubarão. Os resultados obtidos com relação aos metais pesados pesquisados, representam uma preocupação, por apresentarem efeitos tóxicos em seres humanos e inclusive na vegetação que já se apresenta degradada.

Sedimentos submersos já foram considerados uma armadilha natural para as espécies contaminantes. Pesquisas revelaram, contudo, que estas espécies são geralmente liberadas do leito de sedimentos podendo contaminar a água vizinha e, através deste fluido, outros sistemas ambientais podem ser atingidos por muito tempo, mesmo após as fontes ativas de poluição terem sido eliminadas. Em consequência, a contaminação de sedimentos é um grande problema de poluição ambiental em todo mundo (GIACOMELLI et al ,2000).

A tabela 3, apresenta resultados deste estudo em sedimentos ao longo do Rio Tubarão, em 10 pontos de amostragem. Conforme descrevem GIACOMELLI et al (2000), para a demarcação dos pontos de amostragem do sedimento, considerou-se as nascentes dos Rios formadores do Rio Tubarão e, demais regiões onde ocorrem influência com metais, pela contribuição das atividades de mineração, dos municípios e dos afluentes somados à carga do Rio Tubarão. Os pontos 1 e 2 foram estabelecidos nas nascentes dos Rios Bonito e Rocinha respectivamente. Foram também coletados em áreas já afetadas pela mineração do carvão, antes da junção de ambos, na cidade de Lauro Müller, correspondendo aos pontos 3 e 4. O



ponto 5 foi definido após a junção dos Rios Bonito e Rocinha, já denominado Rio Tubarão e situado após a cidade de Lauro Müller. Os pontos 6 e 7 foram demarcados antes e depois da cidade de Orleans. O ponto 8 foi definido, após afluência do Rio Palmeiras. O ponto 9 foi estabelecido na localidade de Pedras Grandes, próximo à estação Japan International Cooperation Agency (JICA). O ponto 10 foi determinado após junção do Rio Braço do Norte.

**Tabela 3: Resultados obtidos em amostras de sedimentos do Rio Tubarão (µg/g)**

Pontos de amostragem	Arsênio	Cádmio	Zinco	Chumbo	Cobre
1	11,1±3,2	0,260±0,04	80,00±0,56	13,05±0,14	40,0±0,4
2	5,72±0,29	0,190±0,017	72,10±3,70	40,40±0,30	39,0±0,2
3	13±0,60	0,09±0,028	47,20±1,24	72,70±0,63	31,30±0,47
4	9,73±0,36	0,15±0,02	70,02±2,70	8,50±0,11	5,90±0,07
5	108,5±0,48	1,40±0,05	578,0±2,1	22,20±0,09	9,55±0,02
6	14,10±0,36	0,14±0,08	58,6±4,20	38,80±0,32	25,40±0,30
7	9,45±0,17	0,24±0,08	53,90±1,20	67,80±0,05	14,80±0,15
8	8,5±0,33	0,27±0,02	82,20±9,00	32,70±0,30	35,30±0,20
9	7,8±0,18	0,320±0,013	90,60±0,69	32,30±0,18	35,00±0,23
10	36,4±0,57	0,40±0,02	137,40±2,0	43,70±0,50	30,10±0,03
			0		

Fonte: Adaptado: GIACOMELLI, et al,2000.

Segundo GIACOMELLI et al (2000), os resultados apresentam uma certa preocupação com relação a presença de metais como arsênio, cádmio e zinco, por serem metais pesados com efeitos tóxicos em seres humanos, tendo propriedades cancerígenas. Além disso, o cádmio pode também causar distúrbios crônicos no aparelho respiratório. Como o arsênio foi encontrado em sedimento de época de estiagem, pressupõe-se que o transporte predominante seja o de solubilização, podendo o processo repetir-se. As observações feitas durante as coletas, pode-se

perceber que a degradação de áreas urbanas e rurais, estão, estão dificultando o desenvolvimento vegetal, gerando o assoreamento dos rios e a contaminação de suas águas das mais diversas formas. Deste modo, são extensivos os prejuízos gerados, tanto em relação à água, quanto nas possibilidades de absorção de contaminantes em alimentos oriundos da pesca. Vários metais como arsênio e chumbo entre outros, com efeitos tóxicos, foram detectados.

A agricultura na região da cidade de Imbituba, é uma prática bastante desenvolvida, principalmente a rizicultura, que utiliza vários produtos químicos, entre fertilizantes e agrotóxicos, em diversas etapas de seu cultivo.

Esta atividade é desenvolvida em grande parte da planície da bacia do Rio D’Una, Este fato vem gerando conflito de uso com os pescadores do complexo lagunar (lagoa do Mirim, Imaruí e Santo Antônio), que afirmam que a pesca vem diminuindo à contaminação das águas pelos produtos citados. Além destes, encontra-se a população do município de Imbituba, cujo abastecimento de água vem de captação, na localidade de Penhinha, no rio D’Una (LOPES, 1998).

A tabela 4 refere-se a análise química de amostras de água, solo, e vegetação, coletadas na bacia do rio D’Una localizada nas proximidades da cidade de Imbituba.

**Tabela 4: Resultados da análise química da água (mg/L), solo e vegetação (mg/kg) coletadas na Bacia do Rio D’Una**

Amostras Nov/97	METAIS PESADOS ANALISADOS					
	Níquel	Cobre	Arsênio	Cádmio	Mercúrio	Chumbo
1 - Água	15,79	4,68	0,04	0,00	0,00	1,00
1 - Solo	0,00	12,64	0,00	5,88	26,85	1,25
1 - Vegetação	0,00	16,43	0,00	6,12	31,77	1,15
2 - Água	32,95	5,07	0,08	0,04	0,00	1,43
2 - Solo	26,73	89,55	0,41	28,79	6,14	6,82
2 - vegetação						
3 - Água	16,17	2,76	0,08	0,00	0,00	2,35
4 - Água	40,99	7,97	0,20	0,00	0,00	9,83



4 - Solo	447,79	150,02	0,02	47,74	0,00	16,14
4 - vegetação	0,00	685,89	0,00	2,05	15,98	71,14
5 - Água	15,23	4,76	0,02	0,00	0,00	1,00
6 - Água	22,49	7,72	0,07	0,00	0,00	1,48
7 - Vegetação	19,68	3,38	0,07	0,00	0,00	1,51

Fonte: Adaptado: LOPES, 1998.

O chumbo é o metal de maior presença, tanto em águas, solo e vegetação , comparados com os outros metais.

Acredita-se que este fato ocorre devido os rejeitos da queima de pirita proveniente da antiga ICC (Indústria Carboquímica Catarinense), localizada em Imbituba, além dos fertilizantes utilizados nas áreas agrícolas.

No setor de esmalte da indústria cerâmica, são gerados efluentes de alto grau de toxidez. O tratamento destes efluentes, gera um lodo com composição química bastante comprometedora ao meio ambiente.

A deposição inadequada deste lodo é o fator que provoca o comprometimento do ambiente. É o que acontece ainda com muitas cerâmicas.

A tabela 5 mostra a composição química deste lodo gerado na estação de tratamento do setor de esmalte.

**Tabela 5: Composição química do lodo gerado na estação de tratamento do setor de esmalte.**

Componente Químico	Porcentagem (%)
Óxido de silício	15,31 a 48,37
Óxido de alumínio	5,91 a 30,59
Óxido de titânio	0,37 a 0,72
Óxido de cálcio	0,59 a 17,98
Óxido de magnésio	0,21 a 0,86
Óxido de boro	2,19 a 11,19
Óxido de zircônio	1,16 a 3,31



Óxido de ferro	1,55 a 8,31
Óxido de chumbo	1,63 a 28,39
Óxido de zinco	0,46 a 4,55
Óxido de cádmio	0,00 a 0,04
Óxido de níquel	0,00 a 0,02
Óxido de cobre	0,00 a 0,17
Óxido de manganês	0,00 a 1,83
Óxido de cobalto	0,00 a 0,17
Óxido de cromo	0,01 a 0,53
Óxido de lítio	0,05 a 0,22
Óxido de potássio	0,29 a 1,73
Óxido de sódio	0,51 a 2,39
Cloro	0,07 a 0,62

Fonte: Santa Catarina, 1998

Quanto à indústria de metal mecânica, o resíduo gerado é proveniente do tratamento das águas de lavagem (banhos). Este resíduo é rico em metais pesados, e se não forem dispostos adequadamente, causam contaminação do solo (SANTA CATARINA, 1998).

A maioria das indústrias geram resíduos classificados segundo Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, Norma 10004 – Classificação de Resíduos Sólidos, como resíduo classe I - perigosos. O resíduo classificado como classe I - perigosos, possuem em sua composição muitos elementos e metais, nocivos a saúde humana. Quando estes resíduos não são tratados e não depositados de modo adequado, comprometem extensas áreas, provocando danos irreparáveis ao ambiente.

#### 2.4.2 Poluição Hídrica

A contaminação das águas dos rios, mares, lagos, águas subterrâneas, é causada pelos materiais solúveis que são lançados no ar e no solo. A poluição das

carvão energético, carvão metalúrgico e finos (SANTA CATARIAN, 1998).

A exposição das camadas carbonosas ao ar, nas áreas de mineração a céu aberto, gera forte poluição da atmosfera devido à combustão espontânea dos rejeitos piritosos com emissões de odores, como vapor d'água, monóxido de carbono, dióxido e enxofre e gás sulfídrico e partículas ácidas. Os poluentes são captados pelos ventos existentes entre 1 e 2 Km da superfície, transportados e dispersos por dezenas de quilômetros. A poluição aérea oriunda da mineração de carvão também é provocada pelas vibrações devido ao desmonte por explosivos e liberações de material particulado e gases de exaustão (SANTOS, 1992).

Na região Extremo Sul Catarinense onde permanecem áreas de antigas minerações, que pelo processo de beneficiamento houve a formação desordenada das pilhas de rejeitos, favorecem o processo de combustão espontânea de material piritoso e carbonoso e, conseqüentemente, existe o problema de contaminação do ar (SANTA CATARIANA, 1998).

Em coqueiras do qual o processo mais usado é em forma de colméia, ou *bee hive*, possui este nome devido sua forma, não produzem resíduos líquidos pois a água utilizada neste processo evapora-se completamente. Entretanto deve-se observar que os gases liberados na atmosfera durante a queima do carvão, constituem um perigo em potencial a saúde e ao meio ambiente, uma vez que por precipitação pluvial ou por correntes de ar e umidade da atmosfera, podem ser dissolvidos e contaminar os corpos d' água (SANTA CATARIAN, 1998).

A Centrais Elétricas do Sul do Brasil – ELETRISUL, realizou em 1997, em parceria com Japan Internacional Cooperation Agency, um estudo da qualidade do ambiente em regiões onde sofrem influência de mineração de carvão.

A tabela 8 apresenta a composição dos principais metais no ar atmosférico em ng/m<sup>3</sup>.

**Tabela 8: Composição de elementos no ambiente.**

<b>Elemento</b>	<b>Concentração (ng/m<sup>3</sup>)</b>
Alumínio	498
Vanádio	10,8
Cromo	9,27
Níquel	6,46
Cobre	36,0
Zinco	192
Arsênio	6,49
Cádmio	6,69

Fonte: JICA e ELETROSUL, 1997.

A tabela 8 mostra a presença de metais altamente comprometedores à saúde humana. Tanto na legislação nacional, CONAMA e estadual, não constam limites aceitáveis destes metais. Acredita-se que pelo fato da maioria dos metais pesados serem cumulativos no organismo, não pode haver limites de aceitação no ar atmosférico.

A crescente utilização de veículos motorizados associados às condições climáticas das regiões, também contribuem de forma efetiva para a poluição atmosférica.

Na indústria cerâmica, após mistura e moagem dos componentes, a suspensão resultante (barbotina) é encaminhada ao atomizador, onde é eliminada uma parte de água que a mesma contém, até alcançar o conteúdo necessário de umidade para o processo. Nesta etapa já ocorrem emissões atmosféricas.

Outros contaminantes atmosféricos gerados pela indústria cerâmica são constituídos basicamente por material particulado, SO<sub>x</sub>, (óxidos de enxofre) B (boro), NH<sub>3</sub> (amônia), CO<sub>2</sub> (gás carbônico), metais, etc. Estes contaminantes são provenientes do gás pobre que é utilizado como alternativa energética. O gás pobre é gerado do processo de gaseificação, seja de carvão mineral, vegetal ou turfa.

Na cerâmica vermelha as emissões atmosféricas são mais problemáticas.

Tanto na região Sul como no Extremo Sul Catarinense, com a proximidade das jazidas de carvão, a utilização deste como combustível é economicamente mais viável em relação a lenha.

As emissões atmosféricas das lavanderias estão associadas ao combustível usados nas caldeiras geradoras do vapor. O combustível utilizado emitem material particulado e outros gases causadores de poluição (SANTA CATARINA, 1998).

As indústrias metal mecânica que compreendem o tratamento químico superficial e galvanotécnico, emitem ao ar atmosférico vapores e fumos metálicos quando as peças são imersas nos banhos. Os casos mais sérios são os banhos ácidos (vapores ácidos) e os banhos metálicos quando aquecidos (fumos metálicos) (SANTA CATARINA, 1998).

Diante destes fatos, o controle da poluição torna-se necessário para a melhoria da qualidade de vida da população, para a redução no grau de incômodo, nocividade e periculosidade das emissões gasosas e para atender as reclamações da população referentes aos problemas da poluição do ar.

## **2.5 Informações Referentes a Poluentes Metálicos**

As informações são referentes a metais que interferem no metabolismo humano, apresentando formas de aparecimento, absorção pelo organismo e os sintomas de intoxicação.

### **2.5.1. Alumínio**

#### **2.5.1.1. Formas de Aparecimento**

Segundo OLSZEWER, et al. (1998), o alumínio é o metal mais abundante na superfície terrestre e entre as fontes as quais se pode expor, cita-se a água, especialmente solos exposto à chuva ácida, panelas e medicações antiácidas.

O alumínio é encontrado ainda em água de filtro, farinha de trigo, fumaça

de cigarro, corantes artificiais, resíduos de pesticidas em alimentos, poluição do ar, etc. (LORD, artigo sem data).

A alta gama de aplicabilidade do alumínio fez com que fosse reconhecido recentemente, a sua toxidez.

As aplicações incluem o uso do metal isoladamente ou ligado com cobre, zinco, silício, magnésio e manganês na fabricação de materiais de construção, cabos isolados, material de embalagem, utensílios domésticos e dispositivos para laboratórios, explosivos e fogos de artifício. Usam-se também compostos de alumínio em abrasivos refratários, papel, cerâmica, vidro, indústrias têxteis, purificadores de água, como catalisadores, no processamento de alimentos e drogas (OLSZEWER, et al. , 1998).

Relatos de toxicidade do alumínio a partir de exposições ambientais estão aumentando e recente publicação do último encontro do Hair Analysis Standardization Board sugere que os níveis de alumínio refletem estas exposições .

O alumínio não é considerado um problema de poluição das águas, mas as atividades industriais e as emissões particuladas dos automóveis contribuem para a poluição atmosférica (OLSZEWER, et al. ,1998).

#### 2.5.1.2 Absorção pelo Organismo

Conforme descreve GARCIA, (1997), O alumínio não é um elemento essencial ao corpo humano. Sua importância reside no efeito tóxico e cumulativo que provoca em pacientes com insuficiência renal crônica, que necessitam submeter-se periodicamente à hemodiálise. O alumínio acumula-se no organismo por deposição nos ossos e no cérebro, provocando distrofia óssea e distúrbios neurológicos.

O alumínio entra no organismo via trato gastrointestinal (alimentos, bebidas, água) e pulmões (suspensões no ar) (OLSZEWER, et al. ,1998).

As concentrações de alumínio no ar que respiramos são muito variados, com uma medida de 1 a  $\mu\text{g}/\text{cm}^{-3}$ , de ar. O alumínio está presente no ar atmosférico em forma de finas partículas submicroscópica, cuja concentração depende do

ambiente (BERRY, et al. ,1978, apud GOLDAR, et al., 1998).

No plasma sangüíneo, o alumínio está ligado a componentes não dialisáveis. Está presente em todos os órgãos. A deposição no pulmão e nódulos linfáticos do alumínio inalado presente no ar, é um fato já caracterizado. Em experiências, doses crescentes de alumínio (nos alimentos ou parenteralmente) geraram concentração crescentes, principalmente no cérebro, sangue e fígado (OLSZEWER, et al. ,1998).

### 2.5.1.3. Sintomas de Intoxicação

O nível de alumínio nos cabelos é um indicador confiável da assimilação deste elemento. A toxidez do alumínio deve ser considerada quando sintomas de demência pré-senil ou doença de Alzheimer forem observadas. Indivíduos com problemas renais ou sob diálise renal podem ter teor elevado de alumínio (Exame Mineralográfico, 1991).

O alumínio em excesso no organismo provoca ainda alterações neurológicas, mal de Parkinson etc.

Segundo SILVA, (1999), o alumínio também desloca o magnésio dos ossos, causando a osteoporose .

Sintomas de intoxicação pelo alumínio pode ocasionar, fraqueza e distúrbios respiratórios importante chegando até a fibrose, à formação de bolhas e ao pneumotórax espontâneo (doença de Shaver) (SCHVARTSMAN,1991).

O alumínio também provoca confusão mental, falta de decisão, confusão sobre sua própria identidade, impulsividade, sentimento de culpa. O doente é facilmente impressionável ao ver sangue ou uma faca. Debilidade geral. Falta de energia. Lentidão dos impulsos. Tendência a paralisias ou paresias. Secura extrema de pele e mucosas. Cefaléia com náuseas e vômitos. Vertigem. Cólica saturnina. Constipação intestinal por inatividade retal. Até fezes amolecidas são difíceis de serem expulsas. Marcha vacilante (ANDRADE, 1998).

Reações fibróticas do pulmão e alterações no metabolismo dos fosfatos, conforme demonstrado em dados experimentais em humanos, são os efeitos tóxicos

críticos do alumínio. Outros efeitos bioquímicos do excesso de alumínio são as coagulopatias (tempo prolongado de protrombina) observados em exposição industrial prolongada, porfirinúria (formação exagerada de porfirina sob condições experimentais). Foram encontrados níveis elevados de alumínio nos cabelos de rapazes de 12 a 18 anos portadores de problemas emocionais graves (OLSZEWER, et al. , 1998).

## 2.5.2 Arsênio

### 2.5.2.1 Formas de Aparecimento

Segundo LARINI (1997), na linguagem popular , o arsênio é chamado de “arsênico” para designar os compostos de arsênio, especialmente o trióxido de arsênio e em toxicologia quando se fala de um envenenamento por arsênico fica entendido que se trata de envenenamento por composto arsenical.

O arsênio aparece sobre a forma de compostos arsecais, tais como a arsina ( $\text{AsH}_3$ ), anidrido arsenioso ( $\text{As}_2\text{O}_3$ ) empregado em raticidas e outros compostos comuns em inseticidas e fungicidas. O arsênico também pode ser proveniente de poluição do ar, exposição a processos industriais, tais como eletrometalização e de manufatura de compostos eletrônicos (Exame Mineralográfico, 1991).

O arsênio como poluente ambiental apresenta-se sob a forma trivalente, e é usado como inibidor de ferrugem, óleos combustíveis, fábrica de vidro. O arsênio atmosférico pode ser proveniente de indústria e queima de carvão, fumaça de cigarro, escapamento de carros, etc.

A sua presença ocorre nas águas naturais e principalmente nas águas subterrâneas e em algumas águas superficiais. São águas moles, ricas em carbonato de sódio, que apresentam maior concentração de arsênio.

A toxidez do arsênio e a difusão do seu uso como inseticida, rodenticida, fungicida, herbicida, na preservação da madeira e em resíduos industriais de mineração, tomam necessário fixar o limite da sua concentração na água de

consumo humano. O valor máximo permitido de arsênio em água para consumo humano segundo portaria 1.469 do Ministério da saúde é de 0,01 mg/L. O arsênio é um elemento tóxico, não-essencial que tem sido usado como um pigmento, pesticida preservativo para madeira causando sérios problemas de poluição ambiental (LOPES, 1998).

Aparece arsênio ainda em água, incluindo água de poço, resíduos de inseticida em frutas e vegetais, vinho de uvas pulverizadas, frutos do mar, etc.

O solo e a água da superfície podem estar poluídos com arsênio, devido à sedimentação de resíduo ou cinzas de fertilizantes e de detergentes fabricados com fosfatos provindos de rochas contendo arsênio (OLSZEWER, et al. ,1998).

O arsênio e seus vários compostos orgânicos e inorgânicos figuram em numerosos processos e aplicações industriais: produção de materiais semi condutores ou fotocondutores, em ligas com chumbo e cobre; fabricação de certos vidros, pigmentos, indústria química (catalizadores, purificação de gases industriais, na remoção do enxofre), tintas, etc. (OLSZEWER, et al. ,1998).

No ciclo biológico do arsênio os seus compostos são reduzidos e metilados por bactérias anaeróbicas existentes no sedimento, com formação de produtos voláteis –  $\text{HAs}(\text{CH}_3)_2$  e  $\text{As}(\text{CH}_3)_3$  – que depois de oxidados são liberados no ar atmosférico na forma de ácido dimetilarsínico (ADMA) (LARINI, 1997).

#### 2.5.2.2 Absorção pelo Organismo

Segundo BARRA (2000), os altos níveis de toxicidade de arsênio são muito bem conhecidos, pois compostos de arsênio são facilmente absorvidos tanto oralmente, quanto por inalação, sendo a extensão da absorção dependente da solubilidade do composto.

Os compostos solúveis de arsênio são absorvidos pelas mucosas e locais de administração parental. A quase totalidade do arsênio absorvido se localiza inicialmente na fração eritrocitária do sangue. O elemento deixa rapidamente a corrente sangüínea, é depositado nos tecidos armazenando-se principalmente no fígado, rins e pulmões. É depositado nos cabelos, sendo que esta deposição ocorre



cerca de duas semanas após a administração, permanecendo neste local durante anos. É também depositado nos ossos onde fica retido por longos períodos (LARINI, 1997).

O arsênio é vagarosamente excretado na urina e nas fezes. Depois de sua administração parenteral, uma proporção maior é excretada pelo rim do que após a ingestão oral. A excreção começa dentro de 2 a 8 horas, mas pode levar 10 dias para a eliminação completa depois de uma única dose e até 70 dias depois da administração repetida. Esta excreção lenta é a causa da ação tóxica cumulativa do arsênio (LARINI, 1997).

### 2.5.2.3 Sintomas de Intoxicação

Os níveis de arsênio nos cabelos são excelentes indicadores de sobrecarga orgânica. A toxidez do arsênio pode causar desconforto físico, problemas digestivos, musculares e na pele. O arsênio inorgânico acumula-se nos tecidos, tendo o segundo lugar entre os metais pesados, como causador de morte (Exame mineralográfico, 1991).

Os estados de toxidade crônica por arsênio se caracterizam por debilidade geral, prostração, dores musculares, transtornos gastrointestinais e dermatosis de distintos tipos (hiperpigmentação, descamação e perda de pelo (FOWLWER, 1982, et al., HERNANDEZ, et al., 1998).

A intoxicação por arsênico causa vômitos, diarreia queimante. As palmas das mãos e as plantas dos pés engrossam e transpiram abundantemente e os olhos incham, ficam vermelhos e ardentes, sem lágrimas (SILVA, 1999).

Há estudos epidemiológicos que mostram uma relação entre o câncer de pele e a exposição aos compostos inorgânicos de arsênico através de poluição atmosférica ou águas contaminadas ou ainda exposição ocupacional. Há também correlação entre câncer pulmonar e a exposição a poeiras arsenicais (LARINI, 1997).

Um outro sintoma peculiar as intoxicações agudas e subagudas por arsênio, é o hálito de alho, como também são típicos a síndrome hemolítica com icterícia extra-hepática, a anemia com meta-hemoglobinemia e aumento do arsênio

na urina (OLSZEWER, et al. ,1998).

A intoxicação por arsênio sob a forma de anidrido arsenioso causa agitação, ansiedade e prostração, sentimento de culpa, temor de morrer, desejo de companhia. Alucinações, fastidioso, ordenado. Indiferença, diminuição de memória e de inteligência (ANDRADE, 1998).

Conforme descreve LARINI (1997), com a intoxicação aguda de arsênio, observa-se após a ingestão, náuseas e vômitos que se produzem após 30 minutos e às vezes mais tarde (até cerca de 12 horas), segundo o estado de vacuidade ou repleção do estômago. Os vômitos são persistentes, em “projétil”, semelhante a “água de arroz” (de coloração branca) e que depois torna-se mucosa, biliosa e sanguinolentos. O indivíduo sente calor na garganta, sede violenta e insaciável, sensação de queimadura no esôfago e estômago e dores na região epigástrica.

A toxidade do arsênio além dos sintomas enumerados, pode resultar em anemia, distúrbios renais ou hepáticos, neurite, hipertensão, falha cardíaca, e queratoses epidérmicas conduzindo ao câncer de pele (LORD, artigo sem data).

A exposição ao arsênio, seja ocupacional, seja ambiental , envolve um risco de câncer, além de câncer de pele, já mencionado, também câncer de pulmão. De acordo com resultados disponíveis, geralmente existe uma relação linear entre efeitos tóxicos e cancerígeno do arsênio e o total de arsênio ingerido, e câncer de pele ou respiratório/duração da exposição ao arsênio via água potável ou ar inalado. Estas relações indicam um efeito cumulativo do arsênio (OLSZEWER, et al.1998).

### 2.5.3 Cádmio

#### 2.5.3.1 Formas de Aparecimento

O cádmio aparece como um subproduto do refino do zinco do Zn-Pb e da reação de zinco, chumbo, e cobre. O cádmio na forma metálica e de compostos inorgânicos, possuem inúmeras aplicações, tais como: banhos metálicos elétricos, pigmentos para tintas, esmaltes, vidros, plásticos, tecidos, tintas gráficas, borrachas, na produção de baterias de Ni-Cd, em fotografia, processos de gravação e litografia,

pneus de automóveis, etc. As principais fontes de poluição por cádmio são a produção de metais não ferrosos, a incineração de lixo, a fabricação de fertilizantes de fosfato, a combustão de madeira, carvão, óleo e gasolina, produção de ferro e aço, etc.(LIMA, 2001 apud OLSZEWER, et al.,1998).

O cádmio apresenta alto potencial tóxico e nenhuma qualidade conhecida que o torne benéfico ou essencial aos processos vitais da natureza. Exerce efeito cumulativo e é tóxico à concentração relativamente baixa para numerosas espécies de vida e talvez para todas. Há mais perigo deste metal através da cadeia alimentar de solos contaminados do que a maioria dos outros metais. Solos com lodo de esgoto podem conter altas concentrações de cádmio, suficientes para causar concentrações elevadas do mesmo em lavouras de alimentos (LOPES, 1998).

Os sais solúveis de cádmio são tóxicos tais como os vapores deste metal. Os adubos superfosfatados se forem pouco purificados, trazem uma dose importante de cádmio para os solos. Através de mecanismos de concentração ao longo das cadeias alimentares, o cádmio passa do ar (ou do solo) para as ervas, depois para o organismo bovinos e, finalmente para o nosso (BORTOLUZZI, 1994 apud COSTA, 1992).

Além do cádmio metálico, vários compostos como cloreto, óxido e sulfetos, são utilizados na fabricação de ligas, pigmentos para vidros e cerâmicas, inseticidas, lâmpadas incandescentes e baterias (SCHVARTSMAN, 1991).

Cádmio é encontrado em quantidades variadas em alimentos, de 0,04 ppm em algumas frutas até 3 – 5 ppm em algumas ostras e anchovas, carboidratos refinados têm muito pouco zinco em relação ao conteúdo de cádmio.

A concentração de cádmio na água, solo, ar e alimentos variam consideravelmente, dependendo dos depósitos naturais e poluição ambiental (LARINI, 1997).

#### 2.5.3.2 Absorção pelo Organismo

Medidas de cádmio em sangue tem um valor mínimo de diagnóstico. Análises de cádmio em cabelo mesmo em níveis baixos é um indicador mais

confiável (CRANTON, artigo sem data).

Cádmio é absorvido no trato gastrointestinal, inversamente proporcional ao teor de zinco e cobre, na dieta. Após a absorção, o cádmio é transportado para o sangue, restrito somente as células sangüíneas e albumina (LORD, artigo sem data).

A absorção pulmonar é avaliada considerando-se o volume de ar inspirado nas 24 horas, o percentual de retenção pulmonar das partículas e a concentração do metal no ambiente. Assim, para um volume respiratório de  $18 \text{ m}^3/24 \text{ horas}$  (indivíduo adulto), uma retenção pulmonar de 40% e uma concentração ambiental de  $0,003 \text{ } \mu\text{g de Cd m}^{-3}$ , a assimilação diária está em torno de  $0,02 \text{ } \mu\text{g}$ . Em nível gastrointestinal existem substanciais evidências de que os níveis de absorção do cádmio estão em torno de 5%. Esta absorção é influenciada por diversos fatores, destacando-se especialmente o estado químico do elemento e as condições nutricionais do indivíduo. Algumas proteínas e o cálcio influenciam grandemente, diminuindo a absorção e a toxicidade de cádmio em animais. A concentração de cádmio no organismo cresce rapidamente nos primeiros anos de vida e depois mais lentamente, sendo que aos 50 anos, o valor estimado é de  $0,2 \text{ a } 0,4 \text{ mg.kg}^{-1}$  de peso corpóreo. Cerca de 50 a 75% do cádmio absorvido é depositado no fígado e rins. Os rins contém normalmente a maior quantidade ( $15 - 20 \text{ mgkg}^{-1}$ ), seguido pelo fígado e intestino delgado (LARINI, 1997).

O cádmio é um elemento altamente cumulativo, e está sendo conhecido como um poluente bastante importante, e até mais sério do que o chumbo. O exame de cádmio em cabelo é o indicador mais confiável de acumulação tecidual em qualquer parte do organismo. A meia vida do cádmio no organismo é de um a três anos, o que o torna tóxico, face a sua acumulação (LORD, artigo sem data).

### 2.5.3.3 Sintomas de Intoxicação

A inalação de cádmio provoca irritação local das vias aéreas, e por isso tosse persistente, dispnéia, dores torácicas (LARINI, 1997). Causa vômitos, náuseas, diarreias, quando em pequenas quantidades. Quando a intoxicação é crônica, ataca os rins, faz o paciente perder proteínas, desmineralização óssea, etc. Os dentes ficam amarelos e há tendência de perda do olfato. Pode provocar câncer

da próstata, e hipertensão (SILVA, 1999).

Intoxicação de cádmio provoca ainda extrema prostração com desejo de estar quieto, ao contrário do sintoma provocado por intoxicação por arsênio. Provoca também dor cortante na região renal, urina escassa, sanguinolenta, anúria, etc. (ANDRADE, 1998).

O cádmio inibe muitas enzimas e nutrientes, e pode produzir alta pressão sangüínea, lesão renal e hepática, anemia e outros problemas. O prejuízo no metabolismo do cálcio que ocorre na toxicidade do cádmio pode contribuir aos distúrbios ósseos tais como a osteoporose (LORD, artigo sem data).

Exceção feita aos sintomas respiratórios, as manifestações clínicas são similares tanto na exposição por inalação, como por ingestão (ocupacional ou ambiental) (OLSZEWER, et al., 1998).

Outras manifestações de intoxicação por cádmio incluem astenia, perda de peso, anemia moderada devida a desvios no transporte do ferro dentro das células eritropoiéticas, leucocitose e linfocitose, perturbações gastrintestinais e neurológicas periféricas, anosmia, lesões testiculares com atrofia precoce (apenas em exposições a altos níveis de cádmio), alterações dentárias (coloração amarelada dos dentes, aumento na incidência de cáries dentárias), e lesão leve do fígado, etc. (OLSZEWER, et al., 1998).

#### 2.5.4 Cálcio

Cálcio é um elemento mineral essencial para o organismo mais abundante do corpo, é importante para a saúde do coração, nervos, músculos, pele, ossos e dentes. Na deficiência do cálcio, dores musculares, câimbras menstruais, espasmos musculares, estados nervosos, tensões, tremores, ou insônia, osteoporose, podem ser observados. Entretanto, 99% do cálcio do corpo ocorre normalmente no ossos e dentes (CRANTON, artigo sem data).

Níveis baixos de cálcio nos cabelos tem sido mais freqüentemente interpretado como uma deficiência ou como indicação de dieta inadequada de cálcio. Causas de insuficiência de cálcio nos cabelos podem incluir déficit na dieta,

déficit na dieta de proteínas, insuficiência ou excesso de vitaminas D, excesso de fósforo, má digestão intestinal, inatividade física, estresse, desequilíbrio hormonais, e exposição aos tóxicos (Exame Mineralográfico, 1991).

Níveis baixos de cálcio podem se associar a alterações cardiovasculares e alterações metabólicas que comprometem o arcabouço ósseo (OLSZEWER, 1998).

O cálcio influencia a secreção hormonal e está envolvido na função da resposta imunoxidativa, protetora contra microorganismo, toxinas e corpos estranhos. O nível de cálcio no cabelo está correlacionado com o nível de ingestão, com várias síndromes e com problemas metabólicos (BARRA, 2000).

## 2.5.5 Chumbo

### 2.5.5.1 Forma de Aparecimento

O chumbo é o metal pesado mais disseminado no ambiente. Seus usos primários tem grande impacto nos níveis elevados devido ao impacto do homem no ciclo natural do chumbo (OLSZEWER, et al., 1998).

Devido a grande utilização de chumbo na indústria extrativa, petrolífera, acumuladores, tintas, cerâmicas, gráficas, e outros, ele aparece como um importante contaminante ambiental (LARINI, 1997).

As fontes de contaminação pelo chumbo, podem ser: baterias de automóveis, tintas, tintas para cabelo, combustíveis automotivos, alimentos enlatados, pesticidas, agrotóxicos, etc.(BARRA, 2000).

O chumbo é um metal tóxico que não possui efeitos benéficos ou nutritivos. Tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais. Sua absorção se dá pela digestão, variando consideravelmente com a idade. Crianças absorvem até 50 % enquanto que os adultos retêm 10 %. A presença de chumbo no corpo humano pode ser prejudicial para saúde mesmo quando as exposições são breves.

O envenenamento por chumbo pode resultar na acumulação do chumbo no corpo em quantidades suficientes e por qualquer uma das fontes mais comuns: alimento, ar e água (LOPES, 1998).

O chumbo dissolvido em águas superficiais naturais o seu teor geralmente encontra-se em níveis muito baixo, considerado traço. A queima de combustíveis fósseis é uma das principais fontes de chumbo no meio ambiente. O chumbo permanece no ambiente durante mais tempo que outros contaminantes. Como consequência, o chumbo e seus compostos tendem a acumular-se nos solos e nos sedimentos, onde devido a sua baixa solubilidade e a que relativamente estão livres de degradação microbiana, permanecem nos alimentos e no metabolismo humano durante mais tempo. Os animais e o homem estão assim expostos a novos riscos para a saúde, e seus tecidos e fluidos biológicos contêm mais chumbo que o normal. Nos ecossistemas de água doce, pode haver um ciclo e fluxo de chumbo devido a metilação para chumbo volátil  $(\text{CH}_3)_4\text{Pb}$  e por microorganismos anaeróbicos nos sedimentos (LIMA, 2001).

#### 2.5.5.2 Absorção pelo Organismo

A exposição do chumbo origina múltiplos problemas, de difícil solução. As fontes de exposição do metal são variadas, igualmente as vias de penetração no organismo (HERRERO, et al., 1998).

O chumbo é um metal extremamente tóxico para o organismo humano e forma um veneno cumulativo (SCHVARTSMAN, 1991).

Cerca de 5 a 10 % do chumbo ingerido são absorvidos pelo tubo gastrointestinal, aparentemente sob forma de controle dos mecanismos que regulam a absorção do cálcio e fósforo (SILVA, 1999).

O chumbo pode ser inalado pela contaminação do ar atmosférico, ingerido pela contaminação da água, alimentos e solo e absorvido via cutânea através de chumbo lipossolúveis. A absorção de chumbo pelas vias citadas não depende unicamente de sua concentração e tempo de exposição, mas também de fatores relacionados as propriedades físico-químicas do composto considerado e,

ainda de fatores relacionados com indivíduo (idade, estado fisiológico, etc. (LARINI, 1997).

#### 2.5.5.3 Sintomas de Intoxicação

Os sintomas de intoxicação por chumbo são muitos e bastante variados. Um dos primeiros sintomas, é o efeito neurológico (confusão mental), seguido por anemia crônica. Um outro efeito tóxico do chumbo de grande significância é diminuição crônica de cálcio que provoca quando a absorção de chumbo é maior e o consumo de cálcio não é suficiente para manter o nível normal de cálcio no intestino (LORD, artigo sem data).

Os sintomas de uma exposição crônica ao chumbo, quando o efeito ocorre no sistema nervoso central, são: tontura, irritabilidade, dor de cabeça, perda de memória entre outros. Quando o efeito ocorre no sistema nervoso periférico, o sintoma é a deficiência nos músculos estensores. A toxicidade do chumbo, quando aguda, é caracterizado pela sede intensa, sabor metálico, inflamação gastrointestinal, vômitos e diarreias (OLSZEWER, et al., 1998).

Outros sintomas de intoxicação por chumbo são: incapacidade de aprender, desordens musculares, arterosclerose, desordens nervosas, triste, taciturno, deprimido. Aversão a conversa e trabalhar. Percepção lenta, declínio intelectual progressivo. Imbecilidade, vaso constrição periférica, hipertensão arterial. Anemia, emagrecimento geral com grande debilidade e tremor de membros. Atrofia muscular progressiva, cefaléia, hemorragia cerebral, dores intensas no couro cabeludo, paralisia retal, etc. (ANDRADE, 1998).

A toxicidade do chumbo no corpo humano já está bem documentada e seu envenenamento e efeitos crônicos se manifestam em diferentes funções fisiológicas. A exposição a altas concentrações de chumbo causa problemas no sistema hematológico, sistema nervoso central e no sistema renal. Um grupo especial de risco são os fetos e as crianças, nos quais a inalação, ou a ingestão de altos níveis de chumbo, produzem uma diminuição mental. Recentes estudos mostram que exposições de chumbo menores de 10 µg/100mL podem ser tóxicos em crianças recém nascidas e pode alterar seu desenvolvimento cerebral de forma



permanente (LIMA, 2001 apud WANG, 1992).

## 2.5.6 Mercúrio

### 2.5.6.1 Forma de Aparecimento

O mercúrio é um metal altamente tóxico, tanto para seres humanos, como para animais. A sensibilidade ao mercúrio varia muito de indivíduo para indivíduo.

Devido à alta volatilidade de mercúrio, ele pode estar presente em ambiente de trabalho e no ar atmosférico (LARINI, 1997).

Os problemas mais graves causados por mercúrio acontecem através do lançamento de efluentes industriais, aplicações de agrotóxicos, mineração etc. quando lançado no ambiente sob a forma inorgânica, é transformado, através da ação das bactérias, em um composto altamente perigoso, o metilmercúrio.

Difícilmente o mercúrio detectado nas águas está na sua forma mais tóxica, ou seja como metil mercúrio. Contudo, ao penetrarem na água e depois na cadeia alimentar, são metabolizados nas suas formas mais tóxicas, e com isto, distribuídos aos seres humanos. Os peixes e outros organismos aquáticos podem concentrar o mercúrio 3000 vezes a mais do que o usualmente encontrado nas águas. Aí reside o motivo da grande importância em controlar os seus níveis nas águas (LOPES, 1998).

Outras fontes de contaminação são: obturações dentárias (amálgamas), garimpos, polidores de cera, jóias, tintas, certos alimentos refinados, verduras e legumes tratados com agrotóxicos e pescados de águas contaminadas com este metal (SILVA, 1999).

No ambiente em geral e no ambiente de trabalho o mercúrio total ocorre em uma grande variedade de estados físico-químicos, cada qual com suas propriedades tóxicas e químicas. Essas propriedades são classificadas em:

- 1) Mercuriais inorgânicos:

- a) vapores do mercúrio elementar (eHg);

b) compostos inorgânicos do Hg(I) e do Hg (II), que no organismo dão origem ao  $\text{Hg}^{-2}$  ; este último forma complexos reversíveis com ligações dos tecidos, como grupos  $-\text{SH}$ , proteínas, etc. (iHg).

2) Mercuriais orgânicos do tipos R-Hg-X ou R-HgR' :

a) compostos de mercúrio alquílico (alHg): metilmercúrio (MeHg), etilmercúrio (etHg), e propilmercúrio, relativamente estável no organismo;

b) compostos alcoxialquilmercúrio (aloxHg) – não estáveis no organismo;

c) compostos arilmercúrio (arHg), por exemplo, fenilmercúrio (phHg) – rapidamente transformado em Hg(II) e demonstrando um comportamento no organismo semelhante ao iHg (OLSZEWER, et al.,1998).

#### 2.5.6.2 Absorção pelo Organismo

Sangue contendo mercúrio reflete somente recente exposição, visto que mercúrio em cabelos indica uma exposição passada que são freqüentemente omitidos em análises de sangue (CRANTON, artigo sem data).

O mercúrio é um elemento não essencial, tóxico e cumulativo. A toxidade dos compostos do mercúrio varia grandemente com a forma química, via de entrada no organismo, dosagem e tempo de exposição. O mercúrio inorgânico (Hg(II)) é mais tóxico do que o iHg (I) devido à maior solubilidade e rápida absorção. As formas mais perigosas do mercúrio são o eHg e o iHg que causam efeitos tóxicos reversíveis e irreversíveis (OLSZEWER, et al.,1998).

Como consequência da exposição a vapores ou a partículas de mercúrio, temos principalmente a absorção pela via pulmonares e em menor proporções através da via dérmica. Os vapores mercuriais são eficientemente absorvidos através do ar alveolar devido a rápida difusão do vapor de mercúrio através da membrana, alcançando a corrente sangüínea, podendo ocorrer *in situ* a sua oxidação a mercúrio inorgânico. Sob condições normais de ventilação pulmonar a absorção dos vapores de mercúrio corresponde a cerca de 80% da sua concentração total no ambiente. Os compostos de mercúrio, inorgânicos ou orgânicos, apresentam uma afinidade bastante acentuadas por grupos sulfidrilas de

sistemas enzimáticos essenciais sendo geralmente admitido que os efeitos fisiológicos são resultantes de alterações desses grupamentos (LARINI, 1997).

#### 2.5.6.3 Sintomas de Intoxicação

O mercúrio afeta profundamente o sistema nervoso central e cérebro, e também os rins. Causa perturbações emocionais e psíquicas, tornando as pessoas contaminadas pelo mercúrio, irascíveis quando criticadas. Perdem a capacidade de se concentrar e podem tornarem-se tímidas, indecisas ou deprimidas, sempre cansadas e sonolentas e sofrendo de insônia (SILVA, 1999).

Os sintomas de contaminação por mercúrio são preponderantemente respiratórias, observando-se tosse, febre, cianose, dispnéia, bronquite, etc. (SCHVARTSMAN, 1991).

Pessoas contaminadas por mercúrio possuem desejo ou tendência ao suicídio ou homicídio. Tornam-se cruéis e perversas. Estão sempre descontentes de tudo. Memória escassa, débil. Medo de morte súbita, e ficar louco. Desconfiadas, briguentas, ansiosas e angustiadas. Agravamento dos sintomas à noite, por decrébito lateral direito, por umidade, por transpiração. Outros sintomas são: hálito fétido, mucosa bucal inflamada, gengivas inchadas, sangrentas. Cefaléias como se a cabeça estivesse em um torno, como se fosse estalar. Coriza, pior a noite. Secreção nasal purulenta. Aftas, gosto metálico na boca. Tremor das extremidades, pior por movimento ou andando, ao escrever. Calafrios, como se lhe jogassem água fria em cima. Febres catarrais ou inflamatórias, etc. (ANDRADE, 1998).

Os sintomas de toxicidade do mercúrio podem incluir insônia, tonturas, fadiga, sonolência, fraqueza, depressão, tremores, memória deficiente, acanhamento, dores de cabeça, coordenação pobre, paralisia ou formigamento dos lábios ou pés, e lesão renal, dependendo da susceptibilidade individual (LORD, artigo sem data).

O hidrargirismo ou intoxicação crônica se manifesta por transtornos digestivos (vômitos e diarréias), transtornos psíquicos (alterações da personalidade e do caráter, ansiedade, perda da capacidade de concentração, depressão,

irritabilidade, anorexia, perda de peso, insônia etc.) e aparecimento de tremores, inicialmente dos músculos faciais e que depois se entendem aos membros superiores e inferiores. Observam-se ainda transtornos renais, e conseqüentemente, na emissão de urina (LARINI, 1997).

## **2.6 Exame Mineralográfico em Cabelo**

As informações sobre exames mineralográficos em cabelo, refere-se ao histórico, aplicação de análise em cabelo, estrutura do cabelo e medicina ortomolecular.

### **2.6.1 Histórico**

As primeiras análises em cabelo foram publicados por Hoppe em 1858, que determinou Arsênio no cabelo de cadáveres exumados 11 anos após o sepultamento. Aproximadamente 100 anos após, em 1954, Goldblum determinou anfetaminas em pêlos de cobaia. Com relação à determinação de drogas no cabelo, a publicação que realmente começou a falar de análise de cabelo foi a de Baumgartner que, em 1979, determinou a concentração de opiáceos no cabelo humano, através de extração com metanol e detecção por RIA (Radioimunoensaio) (POZEBON, 1999).

Na década de 1930 iniciou-se o uso de exames laboratoriais de sangue e urina para detectar doenças. Porém nos anos 60 a utilidade da análise de cabelo foi redescoberta por pesquisadores da área de nutrição e daí para frente muitos livros foram publicados, (POZEBON, 1999), dentre os quais, Chat, A e Kartz, S. A; *Hair Analysis, Applicatins in the Biomedical and Environmental Sciences*, VCH Publishers, New York, 1988, Passwater, R. A e Cranton, E. M.; *Trace Elements, Hair Analysis and Nutrition*, Keats Publishing Inc., Neww canaan, CT, USA, 1993 .

A análise em cabelo, conhecida como exame mineralográfico, foi realizado inicialmente nos Estados Unidos e utilizada pelos clínicos em 1969 pelo laboratório Doctor's Data, representado no Brasil pela Capilab (FELIPPE, 1998).

O exame mineralográfico de cabelo nesta época, ainda era usado somente para diagnosticar doenças. Não há nenhum registro de utilização deste tipo de análise como forma de diagnosticar poluição ambiental.

Segundo FELIPPE (1998), o mineralograma, fornece através dos fios de cabelo o perfil mineral da pessoa. Um exame mineralógico do pintor Van Gogh mostrou que sua loucura foi provocada pela intoxicação de chumbo contido em suas tintas. Há quase 200 anos, um homem teve sua casa apedrejada na Alemanha, por afirmar que distúrbios físicos, emocionais e mentais da era moderna eram causados pela revolução industrial. O médico e cientista Samuel Hahnemann, o pai da homeopatia, descobriu que muitas doenças eram causadas por substâncias químicas (chumbo, alumínio, etc) que estavam em excesso no organismo humano. Hoje sua teoria foi comprovada pelo mineralograma capilar.

Na investigação sobre a morte de Napoleão Bonaparte na qual, através da análise do seu cabelo por NAA (Análise por Ativação Neutrônica), foram verificadas sucessivas exposições ao arsênio. Foi concluído que o arsênio ligou-se irreversivelmente com as proteínas do cabelo, cujo crescimento diário do folículo foi 0,35 mm, fazendo com que a distribuição do elemento ocorresse de forma segmentada. Assim, as diferentes exposições de Napoleão Bonaparte ao arsênio puderam ser registradas através do cabelo. A partir desta idéia, o cabelo foi também utilizado para comprovar a contaminação com mercúrio na população de um vilarejo do Iraque, onde o trigo utilizado para o pão era tratado com fungicida à base de compostos mercuriais (POZEBON, 1999).

Durante as últimas décadas, a determinação de elementos traço em cabelo tem sido um assunto de interesse ininterrupto nas ciências biomédicas e ambientais (RIBEIRO, 1999).

### 2.6.2 Aplicação da Análise em Cabelo

A análise de tecido capilar foi proposta e está sendo utilizada, freqüentemente, para verificar o equilíbrio mineral (chamado de mineralograma), pois o cabelo apresenta alguns atributos ideais como, ser facilmente coletado e estocado, além de permitir que elementos menores e traço possam ser

determinados por uma variedade de técnicas analíticas, devido às maiores concentrações encontradas, quando comparado com outros tecidos ou fluidos do corpo (CARNEIRO, 2002).

No Brasil, atualmente, a análise de cabelo é solicitada principalmente por médicos da área da medicina ortomolecular, para avaliar o estado nutricional (elementos essenciais presentes em baixa ou alta concentração) e possíveis contaminação por metais pesados. Dentre os minerais essenciais mais importantes são: sódio, potássio, cálcio, magnésio, selênio, cobre, ferro, lítio, etc. Quanto aos minerais tóxicos estão: alumínio, cádmio, chumbo, arsênio, bário, mercúrio, berílio e níquel.

A análise de elementos traço no cabelo é utilizada pelo fato de que a concentração dos elementos no cabelo indica a concentração dos mesmos no organismo. A partir daí, dietas são recomendadas, substâncias contendo os elementos que estão abaixo da concentração limite no organismo é feita por quelação (POZEBON, 1999).

O cabelo é um tecido humano composto de proteínas e células que acumulam minerais biológicos e elementos tóxicos em sua compleição. É um órgão excretor e também absorvedor, em que o elemento excretado fica armazenado (CAMPOS, 1998), portanto a análise em cabelo é um método possível para diagnosticar a presença de metais no organismo.

Conforme descreve CARNEIRO (2002), espécies químicas são incorporadas pelo cabelo através de diferentes fontes e mecanismos endógenos e exógenos. As fontes endógenas são, definitivamente, as mais importantes quando se deseja fazer uma avaliação do estado de saúde de um indivíduo, no que diz respeito a anomalias fisiológicas, desequilíbrio nutricional ou intoxicação ambiental. Muito embora as fontes exógenas contribuam, também, para a concentração total de elementos no cabelo, etapas de lavagem devem ser realizadas com a finalidade de minimizar problemas na interpretação biomédica dos resultados.

D' ILIO, et al., (2000), comenta que análises de cabelo pode ser considerada como uma medida não evasiva de investigação e um método poderoso para avaliar variações que afetam a saúde no conteúdo de elementos potencialmente tóxicos e essencial no corpo humano.

Este tipo de exame, vem sendo utilizado na determinação dos metais tóxicos, que podem estar sendo ingeridos ou absorvidos, devido à poluição ambiental. Sabe-se que análises de sangue e urina para avaliação ambiental já é utilizado freqüentemente, porém a análise de cabelo possui algumas vantagens comparadas com análise de sangue e urina, pela facilidade de coleta e pelo fato de ser indolor. A análise de urina indica que elemento o organismo está excretando, fornecendo uma informação qualitativamente importante principalmente se a pessoa tem se exposto freqüentemente a elementos tóxicos, numa variabilidade de dias a semanas, e fornece ainda uma informação quantitativa dos elementos excretados durante, antes e após um teste de provocação. Realizando análise de sangue as informações obtidas indicam o que o organismo tem adsorvido recentemente, numa variabilidade de horas, em dias. Os níveis sangüíneos variam de acordo com os componentes analisados: plasma ou só glóbulos vermelhos. Podem ser valores transitórios e estão sujeitos a mecanismos homeostáticos do organismo, que tentam manter os níveis dentro de valores muito estreitos (OLSZEWER, et al.,1998).

RIBEIRO, (2000), diz que uma alta concentração de um elemento no cabelo pode indicar que o indivíduo foi contaminado por este elemento, mas a análise de sangue ou urina coletado após algum tempo, pode revelar concentrações normais.

O cabelo é uma matriz mais simples que o sangue e a urina, cuja análise é bastante utilizada para verificar uma possível intoxicação, ou diagnosticar doenças. Além disso, a análise do cabelo é ainda mais fácil porque o analito está presente em concentração mais alta do que no sangue e urina. O cabelo é um material biológico atrativo por causa da simplicidade de amostragem (facilidade de coleta, sem traumas e sem dor), estocagem, transporte e manuseio. Além disso, é um material bastante estável que não precisa ser mantido sob refrigeração, tampouco necessita de preservantes. Isto, por exemplo, facilita a avaliação de uma população inteira de determinado local que está sendo contaminada através da água ou poluentes industriais (POZEBON, 1999).

MIDIO (2001), diz que análises de cabelo pode detectar exposição a longo prazo, bem como substâncias que não são excretadas na urina. Ele afirma ainda que o uso de análise de cabelo é interessante para avaliar dopin involuntário de atletas e portanto vários casos foram esclarecidos.

A estrutura do cabelo é permanente e uma vez incorporado à matriz, o átomo do elemento permanece no local. As concentrações dos elementos são relativamente altas comparadas com as de sangue e urina, facilitando dessa maneira a análise. O exame não é evasivo, pois as amostras são estáveis, não sofrendo modificações e são facilmente colhidas e podem durar eternamente (OLSZEWER, et al., 1998).

As determinações de metais no sangue são válidas para o diagnóstico de exposição ocupacional quando já se alcançou o equilíbrio tipo 'Steady State' entre o sangue dos trabalhadores e o meio ambiente contaminado. Para diagnosticar o risco ambiental de contaminação por metais tóxicos, de uma dada população, a dosagem do metal no cabelo proporciona melhores estimativas para o risco ambiental de longo prazo quando comparada com as determinações do metal no sangue (FELIPPE, 1998)

Na Alemanha, a análise de minerais no cabelo está sendo usada cada vez mais no campo da medicina ambiental para monitoramento biológico da exposição a metais. O monitoramento do chumbo no cabelo, é um método de valor mesmo para pequenos grupos, especialmente para crianças (FELIPPE, 1998).

A análise de minerais tóxicos no cabelo é considerada como marcador biológico de exposição ocupacional e ambiental para vários metais tóxicos.

Segundo ALVARENGA (1999), o exame mineralógico capilar (análise em cabelo), revela os excessos de metais pesados e a deficiência de minerais essenciais no organismo. Os metais pesados a cada dia vão nos intoxicando, devido ao consumo de alimentos contaminados, a utilização abusiva de produtos excessivamente industrializados e a exposição ambiental a essas substâncias. Com o passar do tempo, substâncias tóxicas vão se acumulando em certas áreas do corpo humano. Esse desequilíbrio fica registrado nos fios de cabelo.

Não é possível falar em valores normais de concentração de macrominerais e elemento traço, mas sim em faixas de concentração consideradas normais, pois são muitos os fatores que contribuem para que ocorram diferentes concentrações no cabelo de determinada população (idade, hábitos alimentares, localização geográfica, sexo, ocupação, etc.) (POZEBON, 1999).

Conforme descrevem GUNN, WIINNARD e HUNT, (1988), metais traço



referem-se a contaminantes de sistemas terrestres e aquáticos por motivo de sua persistência e toxicidade, em baixas concentrações (LIMA, 2001).

Na tabela 9 a seguir, estão listados os elemento traço e macronutrientes no cabelo considerados em concentrações normais. Observa-se que as faixas de concentrações são amplas para alguns elementos.

**Tabela 9: Elementos traço e macronutrientes em cabelo humano em concentrações normais**

<b>Elemento</b>	<b>Concentração, µg/g</b>	<b>Elemento</b>	<b>Concentração µg/g</b>
Prata	0,16 – 0,70	Magnésio	1,49 – 567
Alumínio	0,10 – 36	Manganês	0,04 – 24
Arsênio	0,03 – 25	Molibdênio	0,03 – 2,60
Boro	0,88 – 0,98	Sódio	0,02 – 2,02
Bário	0,76 – 1,41	Níquel	0,002 – 4,05
Bromo	2 – 35	Chumbo	0,004 – 95
Cálcio	0,17 – 4,69	Paládio	< 0,02
Cádmio	0,04 – 5,3	Platina	≤ 0,05
Cloro	0,12 – 14	Rubídio	0,06 – 5,34
Cobalto	0,07 – 1,7	Enxofre	733
Cromo	0,08 – 2,50	Antimônio	0,05 – 0,06
Césio	0,05 – 1	Selênio	0,002 – 6,6
Cobre	6,0 – 293	Estanho	0,036 8,30
Ferro	10 – 900	Estrôncio	1,7 – 869
Gálio	1 – 250	Titânio	0,13 – 12
Mercurio	0,3 – 12,2	Vanádio	0,04 – 160
Iodo	0,03 – 4,2	Zinco	53,7 – 327
Potássio	4 – 700	Fósforo	88,9 – 773
Lítio	9 – 460		

### 2.6.3 Estrutura do cabelo

Segundo OLSZEWER, et al.,(1998), o cabelo humano é 80 % de proteínas, 15 % de água e pequena quantidade de lipídios e materiais inorgânicos. O conteúdo mineral do cabelo é de aproximadamente 0,25% a 0,95% nas cinzas secas. De aproximadamente 100 mil fios de cabelo que existem na cabeça, 10% se encontram na fase de repouso.

O cabelo humano é um filamento queratinizado que cresce a partir de cavidades em forma de sacos chamados folículos. Estes folículos estendem-se desde a derme até a epiderme através do extrato córneo. Cada folículo é um órgão em miniatura que contém componentes glandulares e musculares. O diâmetro de um fio de cabelo humano varia de 15 a 120  $\mu\text{m}$ , dependendo da raça. O cabelo é basicamente composto por três camadas: cutícula (camada externa composta por várias subcamadas separadas por um complexo de células – endocutícula, epicutícula e exocutícula); córtex (principal componente do cabelo, formado por um conjunto de células cilíndricas denominado de matriz, local onde fica situada a queratina e outras proteínas) e medula (camada mais interna do folículo) que em alguns tipos de cabelo pode não estar presente). Em intoxicações severas por metais pesados, tais como tálio e chumbo, a cutícula pode mostrar-se danificada (POZEBON, 1999 ).

Durante a fase de crescimento, os folículos produzem cabelo a uma velocidade de 0,2 a 0,5 mm por dia, o que resulta em aproximadamente 1 cm a cada mês. O crescimento do folículo piloso é ricamente suplementado com vasos sanguíneos e o sangue que banha esses folículos é um meio de transporte para os elementos essenciais, assim como para aqueles potencialmente tóxicos OLSZEWER, et al.,(1998).

Uma proteína de forma espiralada (a  $\alpha$ -queratina) é que dá sustentação ao cabelo, a qual fica imersa na matriz que é composta por células proteicas ricas em tirosina e S. Cortes histológicos demonstraram alta atividade de metais pesados neste local. A absorção dos elementos se dá a partir da raiz, cuja quantidade incorporada depende da concentração instantânea dos fluidos biológicos circundantes (sangue, linfa, e fluido extra-celular). As formas de como ocorre a

incorporação de elementos traço não são ainda bem elucidadas. O modelo mais simples assume que a incorporação endógena ocorre de maneira passiva, ou seja, por gradiente de concentração (POZEBON, 1999).

Apesar de todas as controvérsias existentes, a determinação de elementos traço no cabelo humano é importante nas ciências biológicas, médicas, criminais e ambientais, já que o cabelo representa uma matriz biológica interessante para estudo na área orgânica e inorgânica (POZEBON, 1999).

#### 2.6.4 Medicina Ortomolecular

Um conceito de Medicina Ortomolecular, segundo Linus Pauling, que a introduziu em 1960, consiste na administração de megadoses de sais minerais, vitaminas, aminoácidos e outros nutrientes.

O princípio básico da terapêutica ortomolecular é recompor e otimizar todas as reações biomoleculares a nível de células, ofertando para isso a sua nutrição adequada, eliminando os metais pesados tóxicos e aumentando as suas defesas com relação a oxidação promovida pelo excesso de radicais livres. Hoje já se tem comprovação de que são os radicais livres agentes importantes na deterioração da membrana e das estruturas intracelulares, conseqüentemente promovendo a desvitalização e envelhecimento acelerado e precoce de todo o organismo, predispondo-o mais intensamente as doenças em geral e em especial as doenças degenerativas (FREITAS, 1999).

Entende-se como radical livre toda molécula que tem um elétron não pareado em seu orbital externo. O radical livre é importante nas reações a nível celular particularmente na defesa imunológica. O seu excesso leva a uma alteração bioquímica chamada de stress oxidativo. O radical hidroxila, peróxido de hidrogênio e o superóxido são exemplos deles. No caso de stress há uma maior produção destes agentes onde haverá desgaste celular com consumo exagerado de vitaminas e sais minerais, ocasionando desgaste e alteração funcional que quando persistente, leva a um desequilíbrio da balança saúde / doença, podendo o paciente apresentar a doença propriamente dita (FIGUEIREDO, Fº, 1999).

A medicina ortomolecular utiliza o Exame de Mineralograma para realizar o diagnóstico do paciente. Mineralograma trata-se de uma análise realizada em saliva, sangue, urina e com maior frequência em cabelo. É um exame de tecnologia extremamente sofisticada, que revela os excessos de metais pesados e a deficiência de minerais essenciais no organismo (ALVARENGA, 1999).

A medicina ortomolecular está sendo cada vez mais utilizada para provocar a eliminação de metais tóxicos e também para o equilíbrio de minerais essenciais ao organismo.

Os metais pesados a cada dia vão se acumulando no organismo, por consumo de alimentos contaminados, águas, exposição ambiental, etc. , e a presença desses elementos fica registrada nos fios de cabelo. Na análise dos fios de cabelos, é possível detectar até 30 minerais essenciais e metais tóxicos, fornecendo assim ao médico um quadro amplo de informações. Estas, que possibilitam verificar como está o metabolismo do organismo, as carências ou deficiências de minerais e se há intoxicações por metais (ALVARENGA, 1999).

Segundo FIGUEIREDO, F<sup>o</sup>, (1999) o mineralograma representa uma forma de avaliação de presença de minerais e elementos tóxicos no organismo humano. O conhecimento destes minerais e elementos no organismo humano é importante, pois os mesmos podem provocar alterações biológicas e comportamentais muito acentuadas.

Acredita-se que com o desenvolvimento destes estudos associados a Medicina Ortomolecular, e utilizando o exame mineralográfico através da análise do cabelo, ter-se-á uma melhora na qualidade de vida das pessoas, pois será possível através destes exames, avaliar o nível de toxidez ambiental e elaborar programas de prevenção.

### **3 METODOLOGIA**

A consecução dos objetivos estabelecidos será determinada pela realização de quatro etapas: Levantamento dos fatores e fontes de poluição ambiental. Levantamento das fontes de exames mineralográficos de cabelo, definição dos elementos estudados e tratamento dos dados obtidos.

#### **3.1 Levantamento dos fatores e fontes de poluição ambiental**

Esta etapa tem por objetivo, realizar um levantamento bibliográfico das fontes poluidoras mais significativas da região Sul e Extremo Sul de Santa Catarina, para verificar metais lançados por estas fontes. Fez-se ainda, um estudo bibliográfico sobre análise de cabelo e sobre poluentes metálicos afim de identificar os efeitos metabólicos para o organismo humano.

#### **3.2 Levantamento de fonte dos exames mineralográfico de cabelo**

Os dados para realização do presente trabalho foram obtidos através de especialistas em Medicina Ortomolecular, que atuam nas regiões em estudo, os quais utilizam exames mineralográficos em cabelo. Optou-se em utilizar exames mineralográficos de cabelos já existentes, como recurso disponível no momento para um estudo inicial.

Foram utilizados uma amostragem de 283 indivíduos para região Sul e Extremo Sul Catarinense e 105 exames mineralográficos para região Litoral Centro e

arredores.

Os exames mineralográficos de cabelo utilizados neste estudo, representam uma amostragem aleatória pelo fato de que as pessoas procuram a medicina ortomolecular, pelas seguintes razões:

- Realizar terapia molecular, (rejuvenescimento);
- Para reposição de elementos essenciais;
- Devido sintomas de doenças (principalmente crianças), etc.

As informações referentes ao perfil dos pacientes foram restritos por questões éticas, pois trata-se de exames para uso de profissionais da medicina. Os dados disponíveis dos pacientes foram: idade, sexo e cidade onde residem.

As regiões hidrográficas Sul Catarinense e Extremo Sul Catarinense foram selecionadas para este estudo, devido haver elementos bibliográficos que descrevem os problemas ambientais destas regiões.

Para ampliar a amostragem utilizou-se também, exames mineralográficos de cabelo de pessoas residentes na cidade de Florianópolis, Joinville, Blumenau, Brusque, e outras arredores.

É importante salientar que os profissionais da área médica que utilizam exames mineralográfico de cabelo, realizam a coleta e acondicionamento das amostras com procedimentos padronizados, afim de evitar contaminações ou a induzir falsos resultados.

Os procedimentos padronizados são: as amostras de cabelo devem ser coletadas com tesoura de aço inoxidável, limpa e desinfetada. Devem ser coletados cabelos na nuca, na região logo acima do pescoço.

Este local de coleta já é padronizado porque é menos susceptível à contaminação externa. Também porque quase sempre existe cabelo nesta região em indivíduos calvos (POZEBON, 1999).

Embora o cabelo seja mais susceptível à contaminação pelo meio ambiente e tratamento com cosméticos, ele é ainda preferido em relação aos pêlos de outras partes do corpo porque é menos afetado pela excreção natural.

É recomendado evitar o uso de cabelos submetidos à tintura. Se não

existir pressa para conhecer o estado de equilíbrio mineral, do paciente, deve-se sugerir ao mesmo não aplicar tinturas por um período de pelo menos 3 semanas, ou pelo menos na região na qual este material será recolhido. (OLSZEWER, 1998).

Através de informações fornecidas pelos especialistas da área da medicina otomolecular, os pacientes dos laudos analisados que possuem cabelos com tintura, foram coletados pêlos pubianos, e outros foram coletados após o crescimento suficiente para coleta, ou seja, sem tintura. Neste caso, ficou descartado que pessoas contaminadas por chumbo, alumínio ou outros metais tóxicos contidos na composição de tintura para cabelo, principalmente do sexo feminino, fosse proveniente do uso da mesma.

Os exames foram realizados no Laboratório Doctor's Data (EUA), pelo método de Espectrofotometria de Absorção Atômica para avaliação da região Sul e Extremo Sul de Santa Catarina.

Os exames mineralográficos de cabelo para avaliação da região Litoral Centro fornecidos foram realizados no laboratório King James Medical Laboratory, INC, Omegatech.

### **3.3 Definição dos elementos estudados**

Com o estudo realizado das fontes poluidoras mais significativas da região Sul e Extremo Sul Catarinense, optou-se por avaliar a presença de metais tóxicos, (alumínio, arsênico, cádmio, chumbo, e mercúrio), devido a prevalência destes nas fontes, conforme dados nos elementos bibliográficos.

Foi Incluído ainda no estudo, o cálcio, pelo fato do mesmo estar diretamente correlacionado com a presença de chumbo. Este metal tóxico está mais presente nas fontes poluidoras, mostrado nos elementos bibliográficos.

### **3.4 Tratamento de dados**

Os exames mineralográficos em cabelos foram separados inicialmente,

por cidade onde residiam cada paciente. Em seguida, foram separados por região hidrográfica, ou seja, as cidades pertencentes à região Sul e Extremo sul Catarinense.

Foram avaliados e agrupados os resultados de um total de 283 exames mineralográficos de cabelo de pessoas residentes na região Sul e Extremo Sul de Santa Catarina, dos quais 114 de homens e 169 de mulheres, entre o ano de 1996 a 2000.

Para o estudo da região Sul Catarinense foram utilizados 22 exames de homens e 53 de mulheres, totalizando 75 exames. Para o estudo da região Extremo Sul Catarinense, foram utilizados 92 exames de homens e 116 de mulheres, totalizando 208 exames. A faixa etária das pessoas variou de 0 a 80 anos.

Foram avaliados os resultados em separado dos exames mineralográficos de cada região.

Para o estudo de outra região (região Litoral Centro e arredores) foram utilizados 105 exames mineralográfico de cabelo, onde 58 de homens e 47 de mulheres, de idade entre 0 e acima de 70 anos.

Foram estudados nas regiões, os exames de pessoas por faixa etária compreendida entre 0-15, 16-25, 26-40, 41-70, e 71--- anos de idade, para melhor verificar exposição à poluição ambiental.

Para verificar o nível de contaminação, os valores dos metais em estudo dos exames mineraalográficos de cabelo, foram comparados com valores considerados faixa normais, segundo Manual de Interpretação do Mineralograma, Tecnopress, 1998 e calculados os percentuais de contaminação os quais estão acima destes valores.

Com estes resultados há uma possibilidade de realizar uma correlação entre a absorção por seres humanos dos metais lançados pelas fontes poluidoras emissoras das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina e região Litoral Centro e arredores.

Para análise de associação entre as variáveis quantitativas (significância estatística e teste do quiquadrado), foi utilizado o software Statistica for windows, versão 6.0.



#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das tabelas de número 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21 e Figuras 2 e 3, foram obtidos comparando-se com os valores de referência da tabela 10. Foram elaboradas utilizando-se os laudos de exames mineralográficos de cabelos para as regiões Sul, Extremo Sul e Litoral Centro e arredores de Santa Catarina.

A tabela 10 fornece intervalos de referência de metais em pessoas consideradas saudáveis. Conforme descreve POZEBON (1999), não é possível falar em valores normais de concentração de macrominerais e elemento traço, mas sim em faixas de concentração consideradas normais, pois são muitos os fatores que contribuem para que ocorram diferentes concentrações no cabelo de determinada população (idade, hábitos alimentares, localização geográfica, sexo, ocupação, etc).

**Tabela 10: Valores de referência dos elementos  
em pessoas consideradas saudáveis:**

<b>Parâmetros</b>	<b>Intervalo – mg/kg</b>
Alumínio	0 – 8
Arsênio	0 – 0,075
Cádmio	0 – 0,15
Chumbo	0 – 0,8
Mercúrio	0 – 0,95
Cálcio	275 – 975

Fonte: Manual de Interpretação do Mineralograma. Tecnopress, 1998

A tabela 11 contém o número de pessoas contaminadas por parâmetro do total dos 283 laudos analisados existentes de toda população das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina e o percentual. O percentual de contaminados por parâmetro pesquisado foi calculado comparando-se os exames mineralográfico de cabelo com os valores de referência dos elementos em pessoas consideradas saudáveis, conforme tabela 10.

As pessoas contaminadas são portanto, aquelas cujos resultados dos exames se apresentam superiores aos valores de referência.

**Tabela 11: Número de pessoas contaminadas pelos elementos estudados na amostragem da região Sul e Extremo Sul Catarinense**

<b>Parâmetros</b>	<b>Nº de pessoas contaminadas</b>	<b>% Contaminados</b>
Alumínio	108	38,16
Arsênio	31	10,95
Cádmio	26	9,19
Chumbo	134	47,35
Mercúrio	53	18,73

Fonte: o autor.

Grupo amostral: 283 pessoas.

Os resultados revelam a prevalência de cada elemento da população total pesquisada das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina.

Em ordem decrescente de contaminação está o chumbo com prevalência de 47,35 %, em segundo lugar , o alumínio, com 38,16%, em terceiro, com 18,73% está o mercúrio, e logo após está o arsênio com 10,95 % e por último, o cádmio, que aparece com 9,19%.

O conjunto de exames mineralográficos de cabelo das pessoas residentes nas regiões Sul e Extremo Sul Catarinense, mostra que dentre os 283 pacientes pesquisados, 191 (67,5%) apresentam contaminação de pelo menos 1 dos 5 elementos estudados.

A tabela 12 mostra a distribuição dos elementos pesquisados com

peessoas contaminadas das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina.

**Tabela 12 : Distribuição da população contaminada pelos elementos tóxicos pesquisados das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina**

<b>Número de elementos tóxicos</b>	<b>% de contaminados</b>
1	49,74
2	30,89
3	14,14
4	4,19
5	1,05

Fonte: o autor.

Analisando os exames mineralográficos por número de metais tóxicos pesquisados tem-se a seguinte distribuição: pessoas contaminadas com 1 metal, 49,74%, com dois metais, 30,89 %, com 3 metais, 14,14 %, com 4 metais, 4,19% e com 5 metais , 1,05%, revelando, assim, que pelo menos com um elemento tóxico a maioria das pessoas estão contaminadas.

#### **4.1 Região Sul Catarinense**

A tabela 13 relaciona o percentual de homens e mulheres com contaminação com os metais tóxicos pesquisados da região Sul de Santa Catarina.

Os cálculos percentuais foram realizados com o número de exames disponível, de homens (22) e de mulheres (53), com o número de laudos onde os parâmetros apresentam acima dos valores de referência dos elementos de pessoas consideradas saudáveis, listados na tabela 10.



**Tabela 13 : Relação parâmetros/homens/mulheres  
contaminados da região Sul Catarinense**

<b>Parâmetros</b>	<b>% de homens contaminados</b>	<b>% de mulheres contaminadas</b>
Alumínio	54,55	39,62
Arsênio	13,64	5,66
Cádmio	31,81	-
Chumbo	77,27	49,06
Mercúrio	22,73	15,09

Fonte: o autor.

Analisando-se os dados, constata-se que o metal de maior contaminação, é o chumbo, tanto nos homens, quanto nas mulheres. Dos 22 exames mineralográfico de cabelo de homens que há da região Sul Catarinense, 77,27% estão com níveis de chumbo acima dos níveis considerados normais, portanto, podendo apresentar algum sintoma inerente a contaminação por chumbo.

Nas mulheres a contaminação por chumbo também é maior comparando-se com os outros metais. Dos 53 exames mineralográfico do cabelo de mulheres, 49,06% estão contaminadas por chumbo.

A contaminação por chumbo na região Sul, está relacionada possivelmente, com a presença marcante das seguintes fontes poluidoras: a Usina Termétrica movida a carvão situada na cidade de Capivari de Baixo, distante de Tubarão apenas 7 quilômetros, e com os depósitos de rejeitos provenientes da antiga Indústria Carboquímica Catarinense (ICC), situada na cidade de Imbituba.

Estes dados podem ser comprovados pelos elementos bibliográficos, onde os estudos de poluentes na região, mostra a presença destes, tanto em águas, solos e ar. As pessoas residentes nesta região podem estar absorvendo metais tóxicos através de águas e alimentos contaminados produzidos na região e respirando ar contaminado também.

POZEBON, 1999 descreve que o cabelo é um “dosímetro biológico”, “filamento de registro” ou “espelho do ambiente” onde o indivíduo foi exposto. Isto porque se houver considerável exposição a determinado elemento químico, por

contaminação externa ou através da ingestão, após um certo período a substância estará presente no cabelo.

Seguido do chumbo, está presente em altos índices, o alumínio também. Nas mulheres da região Sul, dos exames analisados, não há contaminação por cádmio. Nos homens, dos 22 exames mineralográfico, 31,81% apresentam contaminação por cádmio. A presença de mercúrio e arsênio, tanto em homens quanto em mulheres também é significativo e assim poder revelar a contaminação ambiental.

Observando-se os dados da região Sul Catarinense, entre os homens e mulheres contaminados, os metais investigados se manifestam em proporções diferentes entre eles, com significância estatística de 1%, ou seja, de um nível de confiabilidade de 99%.

As diferenças na proporção de um metal para outro pode residir no fato de que elemento com índices maiores no ambiente, a absorção também é maior. O exemplo claro é o chumbo pelo alto índice de absorção que se verificou tanto em homens quanto em mulheres.

Comparando-se os valores percentuais de homens e mulheres contaminados pelos metais em estudo, observou-se que há uma diferença entre a proporção de contaminação entre eles da ordem de significância estatística de 5,14%. Esta diferença pode estar no fato de que homens estão mais sujeitos a maior absorção destes elementos devido a exposição ocupacional, ou seja a tendência de que homens trabalhem mais em lugares insalubres do que as mulheres. Como por exemplo, em frentes de trabalho direto em mineradoras só trabalham homens. Entretanto, havendo contaminação também em mulheres, e principalmente em crianças, a hipótese de contaminação ambiental não está descartada.

A tabela 14 relaciona a distribuição dos metais estudados por pessoas contaminadas nas diferentes faixas etárias da região Sul Catarinense. Os exames mineralográficos foram separados por faixa etária e calculados os percentuais de contaminação por elemento estudado em cada faixa etária individualmente. Os dados percentuais significam a proporção de pessoas que possuem nível de contaminação acima dos valores de referência conforme tabela 10.

Tabela 14 : Relação faixa etária/parâmetros/pessoas Contaminadas da região Sul Catarinense

Nº de exames	Faixa etária (anos)	ELEMENTOS									
		Alumínio		Arsênio		Cádmio		Chumbo		Mercúrio	
		Nº de contami- nados	%	Nº de contami- nados	%	Nº de contami- nados	%	Nº de contami- nados	%	Nº de contami- nados	%
8	0 – 15	4	50,00	-	-	1	12,50	3	37,50	-	-
8	16 – 25	3	37,50	-	-	2	25,00	6	75,00	-	-
30	26 – 40	12	40,00	3	10,00	3	10,00	13	43,33	7	23,33
28	41 – 70	13	46,43	3	10,71	4	14,29	20	71,43	7	25,00
1	71 --	1	100,00	-	-	-	-	1	100,00	-	-

Fonte: O autor.



Analisando os resultados, da tabela 14, observou-se que mesmo na faixa etária de 0 a 15 anos, apresenta-se contaminação por metais. Os metais que aparecem em crianças são: alumínio, chumbo e cádmio. A presença marcante destes metais principalmente o chumbo, nesta faixa etária, sugere a possibilidade de contaminação deste metal pelo ambiente.

Nesta amostragem na faixa etária de 0 a 15 anos, há uma criança com apenas 2 anos que apresenta chumbo alto no cabelo, com quase 10 vezes acima do valor considerado saudável. Este fato pode estar fortemente relacionado à exposição de poluição ambiental, pois crianças nesta idade é improvável de estarem expostas em condições de atividades insalubres.

O chumbo sendo o poluente predominante nas fontes poluidoras existentes, está presente em todas as faixas etárias, revelando assim, a exposição ambiental das pessoas a este metal.

A tabela 15 mostra o percentual de pessoas contaminadas com chumbo que estão com deficiência de cálcio, ou seja abaixo do limite mínimo aceitável de 275 mg/kg. Neste caso, o exames mineralográficos foram separados novamente por faixa etária e calculados os percentuais de pessoas que estão contaminadas com chumbo e que possuem deficiência de cálcio.

**Tabela 15: Relação de pessoas contaminadas por chumbo com deficiência de Cálcio/faixa etária da região Sul Catarinense**

<b>Faixa Etária (Anos)</b>	<b>% de pessoas contaminadas por chumbo</b>	<b>% de pessoas contaminadas por chumbo com deficiência de cálcio</b>
0 – 15	37,5	33,33
16 – 25	75,00	100,00
26 – 40	43,33	53,85
41 – 70	71,43	65,00
71 - -	100,00	100,00

Fonte: o autor.

A tabela 15 , relaciona a deficiência de cálcio provocado pela presença de chumbo no organismo nas diferentes faixas etárias. Os resultados comprovam o que diz a literatura, onde pessoas contaminadas por chumbo apresentam deficiência de cálcio.

SILVA, (1999), diz que cerca de 5 a 10 % do chumbo ingerido são absorvidos pelo tubo gastrintestinal, aparentemente sob forma de controle dos mecanismos que regulam a absorção do cálcio e fósforo.

Este fato pode ser comprovado comparando-se os valores da tabela 17 onde há o percentual de pessoas contaminadas por chumbo com os valores de pessoas com deficiência de cálcio. Os valores mostram que a maioria das pessoas que possuem contaminação por chumbo possuem deficiência de cálcio.

#### 4.2 Região Extremo Sul Catarinense

A tabela 16 relaciona o percentual de homens e mulheres contaminados por elementos tóxicos pesquisados.

**Tabela 16: Contaminação (%) segundo sexo : região Extremo Sul Catarinense**

<b>Parâmetros</b>	<b>% de homens contaminados</b>	<b>% de mulheres contaminadas</b>
Alumínio	48,91	25,86
Arsênio	18,48	6,90
Cádmio	16,30	3,44
Chumbo	64,13	27,59
Mercurio	25,00	14,66

Fonte: o autor.

A tabela 16 que relaciona os metais contaminantes com o sexo dos pacientes, mostra que o chumbo é o metal tóxico que mais prevalece. Observa-se



que dos 92 exames mineralográficos de cabelo do sexo masculino disponível, da região Extremo Sul catarinense, 64,13% estão contaminados por chumbo, seguido do alumínio com 48,91%, mercúrio com 25,00%, arsênio com 18,48% e cádmio com 16,30%.

Analisando-se os exames mineralográficos de cabelo das mulheres, observa-se que a seqüência de contaminação decrescente dos elementos pesquisados, é a mesma dos homens. Dos 116 exames analisados, 27,59% estão contaminadas por chumbo, seguido do alumínio com 25,86%, mercúrio com 14,66%, arsênio com 6,90% e cádmio com 3,44%.

A prevalência de contaminação de pessoas por chumbo na região Extremo Sul Catarinense, pode está relacionada com a forte atividade de mineração de carvão que ocorre nesta região, fonte poluidora principal de chumbo.

Analisando-se o percentual de homens e mulheres contaminados na região, observa-se que não há diferenças significativas entre a proporção de contaminação entre eles. Entretanto o sexo masculino apresenta uma tendência de maior contaminação para todos os metais. Esta tendência como já foi dito anteriormente, pode estar relacionada com a atividade ocupacional ou seja os homens exercerem atividades mais insalubres do que as mulheres. Porém esta hipótese para ser comprovada necessita de estudos referentes as atividades ocupacionais de homens e mulheres.

A tabela 17 relaciona a distribuição dos metais estudados por pessoas contaminadas nas diferentes faixas etárias da região Extremo Sul Catarinense. Os cálculos foram realizados da mesma forma como descrito para os dados da tabela 14.

**Tabela 17: Relação faixa etária/parâmetros/pessoas Contaminadas da região Extremo Sul Catarinense**

Nº de exames	Faixa etária (anos)	ELEMENTOS									
		Alumínio		Arsênio		Cádmio		Chumbo		Mercúrio	
		Nº de contami- nados	%	Nº de contami- nados		Nº de contami- nados		Nº de contami- nados		Nº de contami- nados	
12	0 – 15	8	66,67	3	25,00	2	16,67	6	50,00	-	-
20	16 – 25	6	30,00	1	5,00	2	10,00	6	30,00	2	10,00
81	26 – 40	29	35,87	10	12,35	7	8,64	34	41,98	15	18,52
88	41 – 70	27	30,68	10	11,36	8	9,09	41	46,59	20	22,73
7	71 - -	5	71,43	1	14,29	-	-	4	57,14	2	28,57

Fonte: O autor

Os resultados da tabela 17 que relaciona a faixa etária/parâmetros/pessoas contaminadas pelos elementos tóxicos em estudo, mostra que na faixa etária compreendidas entre 0 - 15 anos há índices maiores de contaminação. O alto índice nesta faixa etária mostra o que diz a literatura de que há uma tendência maior de absorção nas crianças:

O chumbo tende a se acumular nos tecidos do homem e de outros animais.

Sua absorção se dá pela digestão, variando consideravelmente com a idade. Crianças absorvem até 50 % enquanto que os adultos retêm 10 %.(LOPES, 1998).

Na faixa etária compreendida entre 0 – 15 anos, crianças portanto, apresenta-se contaminação por quase todos os metais tóxicos pesquisados.

Há uma criança neste grupo amostral, com 9 anos de idade que apresenta concentração de chumbo no cabelo com 16 vezes acima da referência normal.

Os metais que prevalecem em todas as faixas são: arsênio, alumínio e chumbo.

Estes resultados apresentados na região Extremo Sul de Santa Catarina, de exames mineralográfico de cabelo, comprova mais uma vez a possibilidade de que a contaminação provém de poluição ambiental, devido a exposição ocupacional por crianças serem improváveis.

A tabela 18 relaciona pessoas contaminadas com chumbo com deficiência de cálcio, ou seja, com valores de cálcio abaixo de 275 mg/kg. Os cálculos seguem os procedimentos descritos para a tabela 14.

**Tabela 18: Relação de pessoas contaminadas por chumbo com deficiência de Cálcio/faixa etária da região Extremo Sul Catarinense**

<b>Faixa Etária (Anos)</b>	<b>% de pessoas contaminadas por chumbo</b>	<b>% de pessoas contaminadas por chumbo com deficiência de cálcio</b>
0 – 15	50,00	50,00
16 – 25	30,00	33,33
26 – 40	41,98	35,29
41 – 70	46,59	43,90
71 - -	57,14	50,00

Fonte: o autor.

Avaliando-se a tabela 18 , que relaciona o percentual de contaminados por chumbo com deficiência de cálcio, observa-se que ocorre o mesmo já descrito nos dados referentes à região Sul Catarinense.

**4.3 Região Litoral Centro e Arredores**

A tabela 19 mostra o número de casos de homens com contaminação pelos elementos estudados e os percentuais dos mesmos dos 58 exames mineralográficos de cabelo analisados.

**Tabela 19: Número de homens contaminados e percentuais por parâmetro da região Litoral Centro e proximidades de Santa Catarina**

<b>Parâmetros</b>	<b>Nº de casos de contaminação</b>	<b>% de contaminação</b>
Alumínio	32	55,17

Arsênio	40	68,97
Cádmio	6	10,34
Chumbo	40	68,97
Mercúrio	5	8,62

Fonte: o autor.

Os resultados da tabela 19, mostra a grande contaminação das pessoas residentes na região Litoral Centro e proximidades, com chumbo e arsênio.

A contaminação por chumbo e arsênio, deve-se provavelmente às fontes poluidoras desta região como indústrias de metal mecânica e pela grande concentração de indústrias têxteis. A grande concentração de chumbo pode estar relacionado com o fato de que centros urbanos maiores, com maior número de veículos automotores com o uso da gasolina tendo como aditivo o chumbo tetra etila.

A tabela 20 mostra o número de casos de mulheres com contaminação pelos elementos estudados e os percentuais dos mesmos dos 47 exames mineralográfico de cabelo analisados.

**Tabela 20: Número de mulheres contaminadas e percentuais por parâmetro da região Litoral Centro e proximidades de Santa Catarina**

<b>Parâmetros</b>	<b>Nº de casos de contaminação</b>	<b>% de contaminação</b>
Alumínio	22	46,81
Arsênio	30	63,83
Cádmio	6	12,77
Chumbo	28	59,57
Mercúrio	6	12,77

Fonte: o autor.



A prevalência de contaminação de arsênio, com 66,67%, seguido do chumbo com 64,71% e alumínio com 51,43%, mercúrio com 11,43% e cádmio com 10,48%, revelam a predominância de contaminação do arsênio e chumbo em relação aos demais metais. Fato este relacionado com as principais fontes poluidoras desta região como já dito anteriormente.

Estes resultados revelam aqui também a prevalência de contaminação pelo arsênio e chumbo nas pessoas, comprovando assim a possibilidade de contaminação das mesmas pela poluição ambiental.

A tabela 21, relaciona a distribuição dos metais estudados por pessoas contaminadas nas diferentes faixas etárias da região Litoral Centro e arredores. Os cálculos foram realizados da mesma forma com descrito para os dados da tabela 16.

Tabela 21: Relação faixa etária/parâmetros/pessoas Contaminadas da região

## Litoral Centro e arredores de Santa Catarinense

Nº de exames	Faixa etária (anos)	ELEMENTOS									
		Alumínio		Arsênio		Cádmio		Chumbo		Mercúrio	
		Nº de contaminados	%	Nº de contaminados	%	Nº de contaminados	%	Nº de contaminados	%	Nº de contaminados	%
5	0 – 15	2	40,00	3	60,00	1	20,00	5	100,00	-	-
11	16 – 25	6	54,55	8	72,73	1	9,09	4	36,36	1	9,09
28	26 – 40	16	57,14	24	85,71	1	3,57	19	67,86	2	7,14
55	41 – 70	27	49,09	36	65,45	9	16,36	39	70,91	7	12,73
6	71 - -	3	50,00	4	66,67	1	16,67	3	50,00	2	33,33

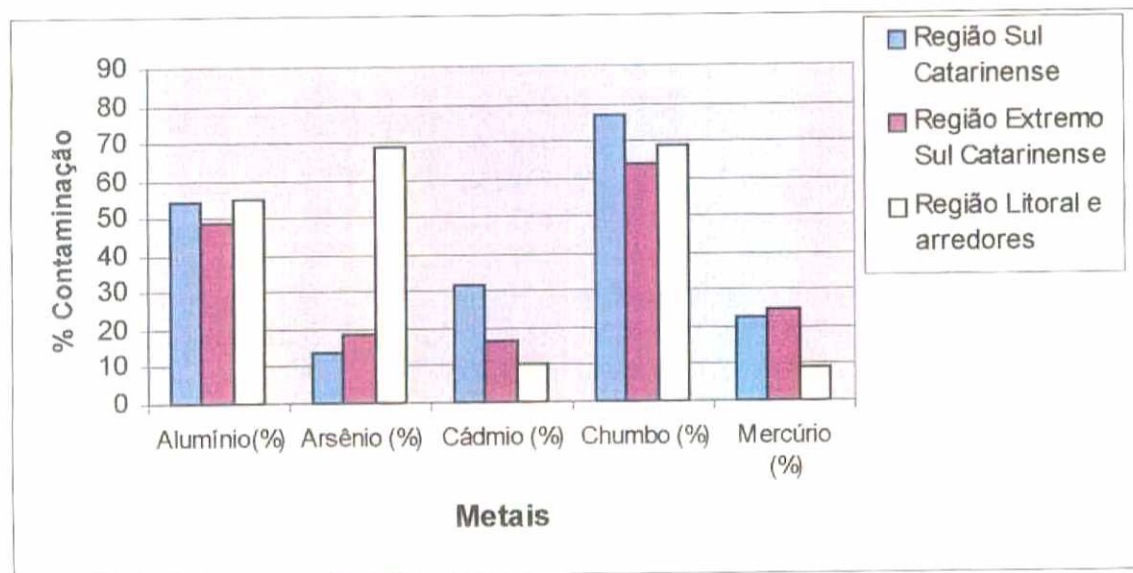
Fonte: O autor

Os resultados apresentados demonstram que as pessoas residentes na região Litoral Centro e arredores, sofrem com grandes contaminações pelos metais pesquisados, principalmente com alumínio, arsênio, chumbo em todas as faixas etárias.

Neste grupo amostral também há contaminação em crianças, havendo portanto, a possibilidade de que a análise em cabelo ser bom indicativo para avaliar exposição à poluentes ambientais, já que crianças dificilmente trabalham em lugares insalubres.

#### 4.4 Comparação dos Resultados Entre as Regiões Sul, Extremo Sul, Litoral Centro e Proximidades de Santa Catarina

Na Figura 2 apresenta-se uma comparação de homens com contaminação dos metais estudados por região.



Fonte: o autor.

**Figura 2: Comparação de Homens contaminados por região**

A Figura 2 que compara percentual de contaminação pelos elementos pesquisados em homens por região, mostra que através do teste do quiquadrado, com significância estatística de 1% (nível de confiabilidade de 99%), não apresentam



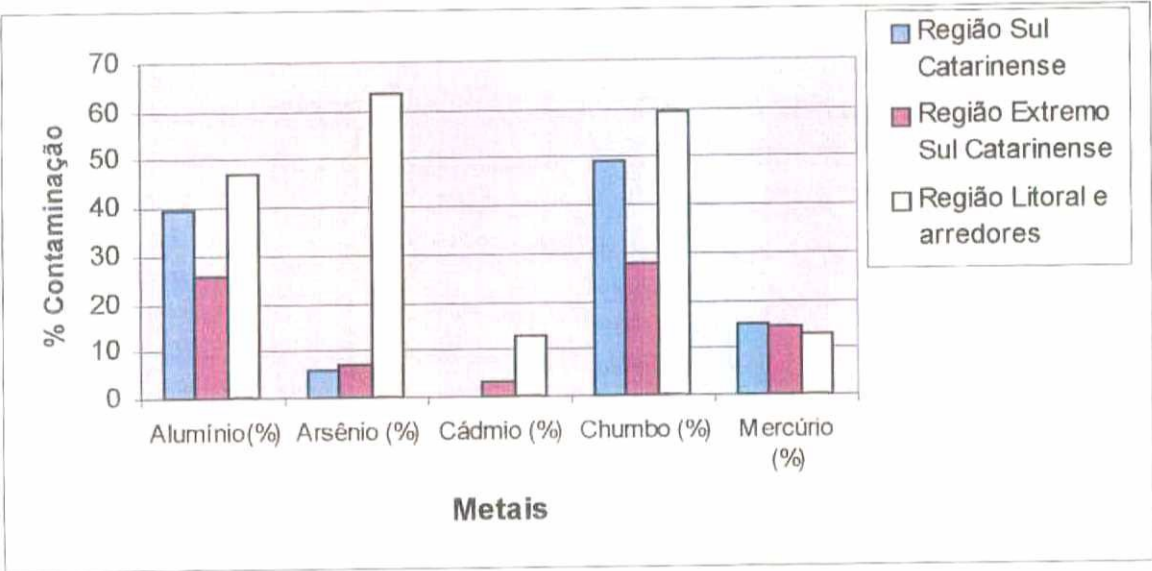
diferenças significativas entre as regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina, onde as fontes poluidoras destas duas regiões são semelhantes, como mostra o estudo apresentados nos elementos bibliográficos.

Entretanto, comparando-se estas duas regiões com a região Litoral Centro e proximidades de Santa Catarina, observa-se que há diferenças significativas, quanto aos metais tóxicos arsênio e mercúrio.

A diferença mais evidente está no percentual de arsênio, onde a quantidade de contaminados na região Litoral Centro e arredores está em torno de 78 % a mais do que nas outras duas regiões. Quanto ao mercúrio, o percentual está abaixo na região Litoral Centro e arredores do que nas outras duas regiões.

Estas diferenças podem estar relacionadas com as diferentes exposições a estes metais, ou seja, a prevalência dos mesmos e concentrações no meio ambiente.

A Figura 3 faz uma comparação de mulheres com contaminação dos metais estudados por região.



Fonte: O autor

**Figura 3: Comparação de Mulheres contaminados por região**

A Figura 3 compara o percentual de mulheres contaminadas por região, mostra também, através do teste do quiquadrado, que não há diferenças

significativas entre as regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina, comprovadas pelo mesmo motivo descrito na comparação entre os homens por região.

As diferenças aqui entre as regiões Sul, e Extremo Sul com a região Litoral Centro e proximidades são as mesmas entre os homens.

As pessoas residentes nas três regiões estudadas possivelmente sofrem influência pelas suas fontes poluidoras, como mostrados pelos resultados das análise do cabelo. Há probabilidade de que as diferenças de percentuais de alguns metais tóxicos, serem pela maior ou menor absorção que ocorre devido a maior ou menor prevalência destes no ambiente.

## 5 CONCLUSÕES

Quanto a fatores ambientais provocados por agentes industriais na Região Sul, Extremo Sul Catarinense e Litoral centro e arredores concluem-se que:

- As regiões Sul e Extremo Sul Catarinense estão caracterizadas praticamente pelas mesmas fontes de poluição. Em ambas as regiões ocorrem a mineração de carvão, importante atividade industrial, a qual produz emissões atmosféricas, efluentes líquidos e resíduos, altamente comprometedores ao meio ambiente e a saúde do homem.
- Há também nas regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina, Indústrias cerâmicas e de metal mecânica, que contribuem de maneira de grande importância para a poluição ambiental. Os elementos bibliográficos comprovam que estas indústrias também emitem poluentes que podem estar presentes os metais estudados.
- A região Litoral Centro e proximidades sendo caracterizadas pelas indústrias têxteis e metal mecânica, além de uma população urbana maior que as das regiões Sul e Extremo Sul de Santa Catarina, pode comprovar que alguns dos metais estudados estarem presentes também nesta região.

Quanto aos elementos de maior importância lançados pelas principais fontes poluidoras:

- As indústrias das regiões lançam, tanto em emissões atmosféricas, como efluentes líquidos e resíduos sólidos os elementos pesquisados, ao meio ambiente. Muitos poluentes são comuns entre eles, tais como: chumbo, zinco, alumínio, cádmio, cromo, cobre, ferro, níquel, mercúrio, manganês, bário, selênio, titânio, etc., pelo fato dos mesmos estarem presentes na maioria das

matérias primas, combustíveis usados, etc. destas indústrias.

- Com os estudos realizados quanto ao efeito metabólico dos metais citados anteriormente, correlacionando-os com o lançamento dos mesmos, pelas principais fontes poluidoras, conclui-se que os metais mais importantes foram: alumínio, arsênio, cádmio, chumbo e mercúrio; o qual foram objeto do presente trabalho.
- Para região Litoral Centro e arredores, os metais tóxicos de maior significância são o arsênio e chumbo, presentes nas emissões das fontes poluidoras principais desta região. A presença marcante do chumbo está associado também aos combustíveis automotores como aditivo, na forma de chumbo tetra etila. A prevalência de chumbo e arsênio nas pessoas residentes nesta região pode ser explicado por estes fatores.

Quanto à utilização de exames mineralográficos de cabelo para avaliação ambiental:

- Os resultados evidenciam a contaminação das pessoas pelos poluentes principais das regiões em estudo, ou seja, contaminação por alumínio, arsênio, cádmio, chumbo, mercúrio, não descartando a probabilidade de haver contaminação ocupacional;
- As evidências de contaminação pelos minerais tóxicos em estudo, reside no fato de que crianças também apresentam altos índices de poluentes apresentados nos exames mineralográficos de cabelos;
- Na região Sul Catarinense e Extremo Sul Catarinense , os metais de maior incidência em crianças são os mesmos para as duas regiões: alumínio, cádmio, e chumbo;
- A relação estudada entre a diminuição do elemento essencial cálcio no organismo provocado pela contaminação do mineral tóxico o chumbo, comprovados pelos resultados apresentados, produz um comprometimento da qualidade de vida das pessoas residentes nas regiões Sul e Extremo Sul Catarinense.



## 5.1 Sugestões Para Trabalhos Futuros

- Para confirmação da eficiência de utilizar exame mineralográfico de cabelo como forma de avaliação ambiental, sugere-se realizar um estudo comparativo entre análise de sangue, urina e cabelo.
- Como proposta de continuidade do trabalho, recomenda-se verificar em hospitais destas regiões, se há correlação entre doenças de maior incidência com os agentes poluentes.

## 5.2 Comentários do orientador

O trabalho aqui apresentado é criativo e oferece boas perspectivas como ferramenta de diagnóstico ambiental.

Por ser um trabalho precursor enfrenta os obstáculos naturais de definições metodológicas, processos analíticos e de interpretações de resultados.

Neste sentido, reconhece-se que o ideal seria caracterizar primeiramente o ambiente de entorno das pessoas : qualidade do ar das cidades, qualidade da água fornecida e utilizada para irrigação, característica média do solo, etc.. Na seqüência, a partir deste diagnóstico ambiental, verificar a real influência do meio sobre os resultados obtidos nas análises de cabelo.

No tocante às análises propriamente ditas, assume-se também a importância de aprofundar o estudo de representatividade da amostra (estatística) e de detalhar mais o perfil dos pacientes (o bom resultado deveria ser fruto de amostragens aleatórias). A não observância deste fato acarretou, por exemplo, resultados próximos para as três regiões, mesmo sendo a região sul ainda considerada uma das áreas ambientalmente críticas do país.

Finalmente, reitera-se que a realização deste trabalho abrirá portas para novas realizações científicas na região utilizando-se de exame mineralográfico em cabelo.

## 6 REFERÊNCIAS

### 6.1 Referência Bibliográfica

AMBIENTE – **A poluição causa doença e mata** – Disponível em: <http://www.fapesp.br/ambie21.htm>. Acesso em 20 de abril de 1999.

BARRA C. M., et al. **Diagrama de VEEN – Especiação de Arsênio – uma revisão** Revista Química Nova. Seropédica, RJ v. 23, n. 1, p. 58 - 70. Janeiro/fevereiro 2000,.

BORTOLUZZI, I. P. (coord.) **Avaliação físico – química do Sistema Lagunar Sul Catarinense** – Relatório Conclusivo – Universidade do Sul de Santa Catarina UNISUL. Convênio com INPH – Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias. Tubarão, SC, 1994.

BRICKUS L. S.R. e AQUINO NETO F. R. de. **A Qualidade do Ar de Interiores e a Química..** Química Nova. Rio de Janeiro, RJ., v 22, n 1, p 65 – 74, Janeiro/fevereiro 1999.

CAMPOS J. R. L., et al. **Prevalência da contaminação por metais tóxicos em uma amostragem populacional de São Luís – Maranhão.** Journal of Biomolecular – Medicine & Free radicals ,v. 4, n. 2, p. 33 - 60. Abril/junho – 98.

CARNEIRO N. T. W. D., SILVEIRA C.L. P. da, MIEKELEY N, FORTES L. M. de C. **Intervalos de referência para elementos menores e traço em cabelo humano para a população da cidade do Rio de Janeiro – Brasil.** Química Nova, Rio de Janeiro, RJ, v 25, n 1, p. 37 – 45. Janeiro/fevereiro de 2002.

CAROLI S.; SENOFONTE O; VIOLANTE N.; D'ILIO S.; CAIMI S.; CHIODO, and A MENDITTO. **Diagnostic Potencial of Hair Analysis as Applied to the Goldsmiht Sector.** Intitute Superiore di Sanità , viale Regina Elena, Rome, Italy. Microchemical Journal 59, 32 – 44 (1998).

COCHO, J.A; ESCANERO J.F.; BUITRAGO J. M. González de . **Elementos traza: aspectos bioquímicos analíticos y clínicos.** Sociedade Española de bioquímica Clínica y Patología Molecular. Santiago, 1998.

**CRANTON, ELMER M. MD, AND RALSTON, JANET L. BS** – A Guide To Hair Analysis. Editora Omegatech. (Artigo sem data).

D'ILIO S; VIOLANTE N; SENOFONTE O; CAROLI S. **Occupational exposure of goldsmith workers of the area of Rome to potentially toxic metals as monitored through hair analysis.** Intitute Superiore di Sanità , Viale Regina Elena, Rome, Italy. Microchemical Journal 67, 343 - 349 (2000).

ELETROSUL – Centrais Elétricas do Sul do Brasil. **Relatório de Impacto Ambiental – Usina Termoelétrica Jorge Lacerda IV.** Volume 2. Descrição da Usina. Projeto Poluição – FUNDATEC (Fundação Universidade – Empresa de Tecnologia e Ciências). Porto Alegre, RS, 1987).

ELETROSUL – Centrais Elétricas do Sul do Brasil. **Monitoramento Ambiental – região de Tubarão.** 1 - Poluição da água – Tubarão, SC. 2 - Poluição do ar – Tubarão SC. 1990.

ELY, Aloísio. **Economia do meio ambiente., uma apreciação introdutória interdisciplinar da poluição, ecologia e qualidade ambiental.** 4 ed. Porto Alegre. Fundação de Economia e Estatística Siegfried. Emanuel Heuser 1990.

FELIPPE José de Júnior. **O Mineralograma Capilar deve constar da Lista de Procedimentos Médicos e ser reembolsado pelos Convênios de Saúde.** Journal of Biomolecular – Medicine & Free radicals. Rio de Janeiro, v. 4, n. 1, p. 1 – 32. Janeiro/março – 98.

FELLENBERG, Günter. **Introdução aos problemas da poluição ambiental.** Tradução de Juergen Heinrich Maar; revisão técnica de Cláudio Gilberto Froehlich – São Paulo. EPU: Springer: Ed. Da Universidade de São Paulo, 1980.

**FREITAS, MARCOS SANDOVAL MEDEIROS DE.** Medicina Ortomolecular e saúde. \site da Maturidade- 1998. Disponível em <http://www.maturidade.com.br/publicmedicina.htm>. Acessado em 28 de julho de 1999.

GARCIA S. C., GIODA A. e NASCIMENTO D. B. do. Revista Química Nova – **O problema da contaminação na determinação de Traços de alumínio** - Julho/Agosto 1997 – Volume 20, Número 4 páginas 407 a 4111 –. Departamento de Química – Universidade Federal de Santa Maria – UFSM – 97119 – 000 – Santa Maria – RS.

GIACOMELLI M. B. O. , LIMA M.C., BORTOLUZZI I. P., KLUG M., STÜPP V. **Determinação de Metais Pesados em Sedimento do Rio Tubarão – SC.** Engenharia sanitária e ambiental. Órgão oficial de informação técnica da ABES – Rio de Janeiro, vol.5, nº 3, v. 5 nº 4, p. 178 a 185. Outubro/dezembro, 2000.

**HAIR ANALYSES – ANÁLISE DO CABELO.** Formulário Ortomolecular. 1999. Disponível em <http://www.didier.arq.br/Ha.htm>. Acesso em 29 de julho de 1999.

JARDIM W. F. Caderno Temáticos de química nova – na escola. **Química Ambiental. Introdução à Química Ambiental.** São Paulo, SP, n 1, p. 3 – 4, - maio de 2001.



JICA – Agência do Japão para Cooperação Internacional. **Estudo de Viabilidade da Recuperação das Áreas Mineradas na Região Sul de Santa Catarina**. República Federativa do Brasil. Relatório principal. Secretária de Desenvolvimento Urbano e Meio Ambiente do Estado de Santa Catarina (SDM), Fundação do Meio Ambiente (FATMA), Mitsubich Materials Corporation. Chiyoda-Dames & Moore Co., Ltda. Japão, 1998).

JICA – Japan International Cooperation Agency. Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A Companhia Estadual de Energia Elétrica. – RS. **The Study on Evaluation of Environmental Quality in Regions Under Influence of Coal Steam Power Plants in the Federative Republic of Brazil**. Final Report . 1997.

**JOSÉ ROSA FIGUEIREDO FILHO Prof..** Medicina Bio-Ortomolecular - Noções básicas. Copyright © 1998. Disponível em <http://www.endogastro.com.br>. Acesso em 21 de junho de 1999.

KREBS, Antonio S.J. Nosse Eduardo de O. **Uso recomendado do solo do município de Criciúma, SC**. Programa de Informações Básicas para Gestão Territorial de Santa Catarina – PROGESC. Porto Alegre: CPRM, 1998. 1V: 1 L; v. 30.

LARINI, Lourival. **Toxicologia**. Editora Manoli Ltda. São Paulo, 1997.

LIMA, Maria Carminati. **Extração seqüencial e determinação de chumbo, cobre e cádmio por Espectrometria de Absorção Atômica com Atomização Eletrotérmica em sedimento do Rio Tubarão: Estudo comparativo do método Teesier com o método da BCR**. Tese (Doutorado em Química)). Universidade de Santiago de Compostela – USC. Universidade do Sul de Santa Catarina – UNISUL. 2001.

LOPES, Lilian Jussara. **Rizicultura e Poluição por Metais Pesados em Águas da Bacia do Rio D'Una**. (Dissertação de mestrado em geografia). Centro de Filosofia e ciências Humanas. Departamento de geociências. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 1998).

LORD, Richard S. Ph.D. **Guia de Interpretação dos Minerais e Metais Pesados no cabelo**. Relevância Clínica de Valores Minerais Anormais no Cabelo. METAMETRIX MEDICAL LABORATORY .(Material sem data).

MIDIO, A. F.; de MORAES Moreau, R L; SILVA, O A **The possibilities of hair analysis in the determination of involuntary doping in sports**. Sports Medicine (Auckand, N.Z.), volume 31, Issue 5, pages 321 – 324, 2001.

OGA, Seizi. **Fundamentos de Toxicologia ambiental**. São Paulo: Atheneu. Ed. São Paulo, 1996.

OLSZEWER, E.; SMITH, B.; LAGANÁ, S. Manual de interpretação do mineralograma: análise do cabelo. Tecnopress Editora e Publicidade Ltda. 1º edição, 1998.

**ORTOMOLECULAR – O QUE É MEDICINA ORTOMOLECULAR?** Site Map. 1999. Disponível em: <http://www.spachapada.com.br/htm1/ortomolecular.htm1>. Acesso em 28 de julho de 1999.



## 6.2. Bibliografia Consultada

ADAD, J. M. T. **O Combate às doenças ocupacionais-saturnismo**. Informativo do Conselho Regional de Química XIII Região, Florianópolis S.C. Ano 5, n.23, Janeiro/Fevereiro, 1998.

KALASINSKI, K.S.; DIXON, M. M. ; SCHMUNK, G. A ; KISH, STEPHEN, J. K. **Blod , brain, and hair GHB concentrations following fatal ingestion**. Journal of Forensic Sciences; Philadelphia; May 2001.

LÓPEZ-SÁNCHEZ, J. F.; SAHUQUILLO, A.; FIEDLER, H.D., et al CRM 601, **A stable material for its extractable content of heavy metals**. *The Analyst*, v.123, n. 8, p. 1675-1677, 1998.

MARCOMIN, F. E. **Zoneamento ambiental do Rio Tubarão-SC, através da análise de metais pesados em água, sedimento, substrato e planta e de componentes estruturais da paisagem**. 1996. 145 f. Dissertação (Mestrado em Biociências) - Instituto de Biociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

OSTREA, E. M. Jr. MD; KNAPP, D. K. BS; TANNENBAUN, L. BS; OSTREA, A R. BS; ROMERO, A MD; SALARI, V. PhD; JOEL PhD. **Estimates of illicit drug use during pregnancy by maternal interview, hair analysis, and meconium analysis**. From the Departments of Pediatrics and Obstetrics, Hutzel Hospital and Wayne State University, Detrit, Michigan, 2000.

TAVARES, T. M.; CARVALHO, F.M. **Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no ambiente. Exemplos do recôncavo baiano**. Química Nova, v. 15, n. 2, p. 147-154, 1992.

THOMA, G. J.; REIBLE, D. D.; VALSARAJ, K. T.; et al. **Efficiency of capping contaminated sediments in situ. 2.Mathematics of diffusion –adsorption in the capping layer**. *Environ. Sci. Technol.*, v. 27, n. 12, p. 2412-2419,1993.

WANG, X. Q.; THIBODEAUX, L. J.;VALSARAJ, K. T.; et al. **Efficiency of capping contaminated bed sediments in situ. 1.Laboratory–scale experiments on diffusion–adsorption in the capping layer**. *Environ. Sci. Technol.*, v. 25, n. 9, p. 1578-1584,1991.

WILHELM, M., MÜLLER, F., IDEL, H. Biological monitoring of mercury vapour exposure by scalp hair analysis in compararison to blood and urine. *Toxicology Letters* 88 (1996) 221 – 226.